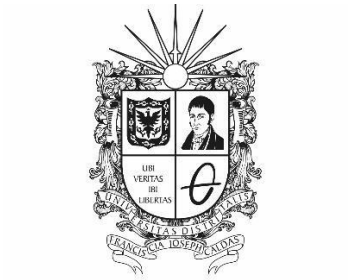
Apoyo a ingeniería para la renovación de equipos inductivos en subestaciones: la Virginia, Betania y Ibagué



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Acreditación Institucional de Alta Calidad

Autor (es)

Emily Dayana Hurtado Medrano

Sebastián Cruz Niño

Director(es):

Ing. Topográfico Elkin Darío Cañón Buitrago, MSc.

Ing. Topográfica Nancy Johana Matta Monroy, MSc.

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Ingeniería Topográfica

Bogotá, Colombia

marzo de 2026

CONTENIDO

1. Introducción 6
1. Objetivos 8
2.1. Objetivo General 8
2.2. Objetivos Específicos 8
3. PLAN DE TRABAJO 10
3.1 Distribución de Responsabilidades y Cronograma 10
3.2. METODOLOGÍA 12
3.2.1. Fase 0: Gestión Documental y Protocolo de Descarga 13
3.2.2. Fase 1: Procesamiento Geodésico y Altimétrico (La Base de Control) 15
3.2.3. Fase 2: Procesamiento Fotogramétrico Digital (Software Pix4D Mapper) 31
3.2.4. Fase 3: Procesamiento de Nubes de Puntos LiDAR (Registro y Clasificación) 33
3.2.5. Fase 4: Modelado 3D, Análisis y Producción de Planos (CAD) 35
4. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS 45
4.2. Resultados Alcanzados en Función de los Objetivos 45
4.2.1. OE1: Establecimiento del Marco Geodésico y Altimétrico 45
4.2.2. OE2: Generación de Ortofotomosaicos Métricos de Alta Resolución 46
4.2.3. OE3: Consolidación y Clasificación Nube de Puntos Masiva 47
4.2.4. OE4: Generación de Modelos Digitales del Terreno y Curvas de Nivel 47
4.2.5. OE 5 Y 6: Elaboración del Gemelo Digital y Planos Definitivos 48
4.3. Reflexión sobre la Utilidad y Alcance de los Resultados 48
4.4. Entregables Finales 49
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 51

6. ANEXOS 53

7. REFERENCIAS 54

Figuras

Figura 1 Metodologia de trabajo 12
Figura 2 Carpeta ENTREGABLES_VENTURA_2025 13
Figura 3 Subcarpeta Proyectos.Nivel 1 13
Figura 4 Subcarpeta Proyecto SE LA VIRGINIA - IEB.Nivel 2 14
Figura 5 Estandarizacion de entregables.Nivel 3 14
Figura 6 Preparacion de informacion de campo – SE La Virginia 15
Figura 7 Estructura digital de entrega de procesamiento de puntos GNSS – SE La Virginia. 16
Figura 8 Crudos Proyecto SE BETANIA- IEB 16
Figura 9 Obtención de archivos RINEX con CRU – Ubicación de archivos 17
Figura 10 CRU Project – Rinex Convert 17
Figura 11 Selección de Convert Setting 18
Figura 12 Rinex, conteo de épocas 18
Figura 13 Archivo rinex G. N y O Final 18
Figura 14 Red Geodésica Nacional de Colombia 19
Figura 15 Numero de semana - GPS 20
Figura 16 Numero de semana y día GPS – GPS01 SE La Virginia 20
Figura 17 Carpeta con el servicio FTP creada 21
Figura 18 Cambio de nombre – Semana 2368 22
Figura 19 Pagina de sirgas para descargar coordenadas semanales 22
Figura 20 Creación proyecto TBC 24
Figura 21 Configuración proyecto - TBC 24
Figura 22 Software TBC 25
Figura 23 Configuración puntos procesados - TBC 26
Figura 24 Procesamiento línea base - TBC 27
Figura 25 Resultado de la línea base - TBC 27

Figura 26 Ajuste Red Geodésica - TBC 28
Figura 27 Red ajustada SE BETANIA- IEB 29
Figure 28 Cambio de época Proyecto SE BETANIA- IEB 29
Figure 29 Nivelación SE BETANIA- IEB 30
Figura 30 Flujo Pix4D SE BETANIA- IEB 31
Figura 31 Proyecto Pix4D SE BETANIA- IEB 31
Figura 32 GCP´s SE BETANIA- IEB 32
Figura 33 Re optimización Proyecto Pix4D 32
Figura 34 Ortofotomosaico Proyecto SE IBAGUE- IEB 33
Figura 35 Sistema de Coordenadas de Salida -Proyecto Pix4D 34
Figura 36 Nube de puntos depurada y clasificada SE BETANIA- IEB 34
Figura 37 MDT – SE Betania 35
Figura 38 Vinculación nube de puntos SE BETANIA- IEB 36
Figura 39 Restitución planimetría SE BETANIA- IEB 37
Figura 40 Layers Civil 3D - SE BETANIA- IEB 38
Figura 41 Nube de puntos depurada SE BETANIA- IEB 38
Figura 42 WCS Civil 3D 39
Figura 43 Comandos Civil 3D 40
Figura 44 Elementos modelados – SE Betania 40
Figura 45 Modelo 3D vs Nube de puntos SE BETANIA- IEB 41
Figura 46 Verificación de espacios - SE BETANIA- IEB 42
Figura 47 Corte - SE BETANIA- IEB 42
Figura 48 Modelo 3D Proyecto SE IBAGUE- IEB 43
Figura 49 Planos finales SE IBAGUE 43
Figura 50 Planos finales SE VIRGINIA 44
Figura 51 Planos finales SE BETANIA 44
Figura 52 Ortomosaicos SE IBAGUE-VIRGINIA-BETANIA 46
Figura 53 Modelos 3d SE IBAGUE-VIRGINIA-BETANIA 48

Tablas

Tabla 1 Distribución de actividades 10
Tabla 2 Cronograma de pasantía 11
Tabla 3 Estaciones permanentes más cercanas 23
Tabla 4 Resultados precisiones GNSS 46
Tabla 5 Resultados precisiones Ortofotomosaicos 47
Tabla 6 Entregables finales 50

Ecuaciones

Ecuación 1 Error máximo en nivelación 30

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe documenta la pasantía desarrollada en Ventura Ingenieros, alineada al proyecto de grado "Apoyo a ingeniería para la renovación de equipos inductivos en subestaciones: La Virginia, Betania e Ibagué".

Ventura Ingenieros es una organización especializada en la prestación de servicios de consultoría, diseño y ejecución de proyectos de infraestructura eléctrica y civil. Su actividad principal se centra en brindar soluciones técnicas de alta precisión para el sector energético. No obstante, la empresa enfrentaba un desafío estratégico relacionado con la optimización de sus flujos de trabajo y la necesidad de superar limitaciones en la capacidad de procesamiento de datos. Ante el aumento en la demanda de proyectos de ingeniería de detalle, se identificó la necesidad de integrar perfiles especializados que aseguraran el cumplimiento oportuno de los contratos y la gestión eficiente de grandes volúmenes de información geoespacial.

La importancia del trabajo realizado radicó en garantizar la coherencia geométrica y posicional de la información topográfica utilizada en la fase de ingeniería de detalle para la renovación de equipos inductivos en las subestaciones La Virginia 500 kV, Betania 230 kV e Ibagué 230 kV. La ejecución de esta pasantía obedeció, por tanto, a la necesidad de fortalecer los procesos operativos de la empresa mediante el soporte técnico en el manejo de tecnologías de captura masiva.

El abordaje del estudio se centró en la aplicación de competencias avanzadas de la Ingeniería Topográfica en la gestión de datos. Se empleó una metodología híbrida que combinó el rigor del posicionamiento GNSS (apoyado en la Red Activa Magna-Eco) y la nivelación geométrica de alta precisión con las capacidades del escaneo LIDAR 3D (Scanner FJD Trion S1) y la fotogrametría con aeronaves no tripuladas (Mavic 2 Pro). Esta aproximación permitió la generación de productos espaciales complejos con los más altos estándares de calidad en entornos de subestaciones activas.

Desde la perspectiva de los pasantes, la contribución fue fundamental en la consolidación, ajuste y transformación de los datos de campo en productos finales de ingeniería. El enfoque principal se mantuvo en el manejo avanzado de estas tecnologías para aportar valor directo al diseño, demostrando que la topografía moderna es un pilar indispensable en proyectos de infraestructura crítica.

A pesar de que la ejecución del levantamiento de campo fue realizada por el equipo de planta de Ventura Ingenieros, se identificó como limitación la falta de participación directa de los pasantes en la fase de captura. No obstante, dicha situación se compensó mediante el acceso total a la información y el desarrollo de competencias en la validación, procesamiento y generación de entregables técnicos.

Como principales resultados, se logró la entrega de los planos topográficos finales As Built, informes técnicos y productos derivados (nubes de puntos ajustadas y modelos digitales) de las subestaciones mencionadas. Estos productos alcanzaron precisiones horizontales de (+/- 0.006 m) y vertical (+/- 0.004 m) cumplimento normativas de calidad, asegurando así la base de diseño necesaria para la renovación de los equipos inductivos.

1. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Apoyar la ingeniería básica y de detalle del proyecto de renovación de equipos inductivos en las subestaciones La Virginia 500 kV, Betania 230 kV e Ibagué 230 kV, generando productos topográficos de alta precisión, mediante el procesamiento, validación y ajuste de datos de multisensores (GNSS, Nivelación, LIDAR y Fotogrametría), para consolidar la base geométrica indispensable en el diseño de ingeniería de la renovación de equipos inductivos en las subestaciones La Virginia, Betania e Ibagué.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Establecer el marco de referencia geodésico y altimétrico de alta precisión para las subestaciones, mediante la validación y el ajuste de los datos de posicionamiento GNSS y de Nivelación Geométrica, conforme a la Red Activa Magna-Eco y la normativa IGAC.
2. Integrar y depurar las nubes de puntos capturadas con tecnología LIDAR 3D, junto con los datos de radiación topográfica, para consolidar un modelo espacial completo y coherente de las subestaciones (La Virginia, Betania e Ibagué).
3. Desarrollar Modelos Digitales del Terreno (MDT) y de Superficie (MDS) precisos, a partir de la información espacial depurada, para el análisis de elevaciones, drenajes y volúmenes dentro del área de intervención.
4. Generar las ortofotos georreferenciadas de las subestaciones, utilizando los levantamientos fotogramétricos existentes, como insumo visual y métrico de alta resolución para la ingeniería.
5. Producir modelos tridimensionales detallados (CAD) de los equipos, estructuras y elementos clave existentes, con el fin de facilitar la visualización y el análisis de posibles interferencias para el diseño de detalle.

6. Elaborar los planos topográficos definitivos (planta y perfil) y el informe técnico final, certificando que todos los productos cumplen con los estándares de precisión y formato exigidos por el diseño de ingeniería.

3. PLAN DE TRABAJO

La pasantía se enfocó exclusivamente en la Ingeniería de Gabinete, abarcando el análisis, la validación y la transformación de datos masivos (GNSS, Nubes de Puntos Lidar, Fotogrametría) en productos de ingeniería de alta precisión en tres subestaciones (La Virginia, Ibagué y Betania). Este trabajo resulto fundamental para la fase de Ingeniería de Detalle (CAD), dado que permitió establecer la base Geométrica Certificada de cada proyecto.

El desarrollo de las actividades se caracterizó por un enfoque colaborativo y riguroso, mediante el cual se aseguró la trazabilidad de cada dato desde su fase de captura hasta la generación del producto final de ingeniería

3.1 DISTRIBUCIÓN DE RESPONSABILIDADES Y CRONOGRAMA

El cronograma de actividades refleja la dedicación individual a los proyectos asignados, así como el trabajo colaborativo realizado específicamente en la subestación Betania. La organización del tiempo permitió el cumplimiento de los objetivos técnicos bajo los estándares de calidad exigidos por la organización.

Tabla 1 Distribución de actividades.

Proyecto	Responsable Principal
Inducción	Ambos
La Virginia 500 kV	Sebastián Cruz Niño
Ibagué 230 kV	Emily Dayana Hurtado
Betania 230 kV	Ambos
Informes Técnicos y Finales	Ambos

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 2 Cronograma de pasantía

SEMANA	HORAS	ACTIVIDAD	OBJETIVOS	RECURSOS
1	45	Inducción, Documentación y Planificación	N/A (Preparación)	Documentación del proyecto, Términos de Referencia, Normativas.
2 – 4	135	**Procesamiento y Ajuste Geométrico Completo** (SE La Virginia 500 kV - Subestación Ibagué 230 kV). Ajuste de Red GNSS, Nivelación Geométrica y Depuración de la Nube LIDAR.	1, 2, 3, 4	Datos Crudos (GNSS, Nivelación, LIDAR) de La Virginia, Software especializado GNSS, Software Postproceso LIDAR, Normativa IGAC.
5 - 7	120	**Modelado 3D y Planos de Detalle** (SE La Virginia - Ibagué). Generación de Plantas, cortes, MDT/MDS finales y Modelado 3D de equipos para La Virginia e Ibagué.	3,5	Datos Crudos de Betania, Software especializado GNSS, Software Postproceso LIDAR, Estaciones de trabajo.
8	45	**FASE 1 - Betania y Control Cruzado:** Procesamiento y Ajuste Geométrico de Datos Base de Betania Simultáneamente, realiza Revisión Cruzada (QC) de Planos y Modelos 3D generados por Emily (Ibagué). **FASE 2 - Betania y Control Cruzado:** Revisión Cruzada (QC) de Planos y Modelos 3D de La Virginia generados por (Sebastián) Y Modelado 3D y Planos de Detalle de Betania	1,2,3,4,6	Nube de puntos preliminar de Betania, Software CAD, Todos los planos y modelos de las 3 subestaciones
9	39	**Consolidación General Final y Documentación:** QC final de todos los productos. Integración de archivos, Liderazgo en la Consolidación Final y redacción final del Informe Técnico.	5,6	
TOTAL	384			

Fuente: Elaboración propia, 2025.

3.2. METODOLOGÍA

La metodología aplicada durante la pasantía se fundamentó en un flujo de trabajo de Ingeniería de Precisión en Gabinete, estructurado para el procesamiento, análisis, control de calidad y modelado de datos geoespaciales masivos. Mediante este proceso, se transformó la información cruda capturada en campo en productos certificados bajo la normativa del IGAC y los estándares requeridos por el contratista.

El plan de trabajo se ejecutó en cinco fases secuenciales, lo que permitió asegurar la trazabilidad y la integridad de la información dentro del entorno corporativo de Ventura Ingenieros.



Figura 1 Metodologia de trabajo.
Fuente: propia, 2026.

3.2.1. Fase 0: Gestión Documental y Protocolo de Descarga

Antes de iniciar cualquier procesamiento, se ejecutó el protocolo de organización de la información en el entorno Google Drive Empresarial de Ventura Ingenieros. Esta fase garantizó la estandarización de todos los insumos y entregables del proyecto.

1. **Acceso y Estructuración:** Se realizó el acceso a la unidad corporativa, específicamente al directorio raíz ENTREGABLES_2025, donde se gestionaron las carpetas maestras correspondientes a los proyectos: Betania, Ibagué y La Virginia.



Figura 2 Carpeta ENTREGABLES_VENTURA_2025.
Fuente: propia, 2025.

2. **Carpetas de Proyectos (Nivel 1)**



Figura 3 Subcarpeta Proyectos.Nivel 1
Fuente: propia, 2025.

3. **Segregación Disciplinaria (Nivel 2):** Dentro de cada proyecto, se procedió a la creación de la subcarpeta denominada TOPOGRAFÍA, centralizando allí toda la información técnica pertinente.

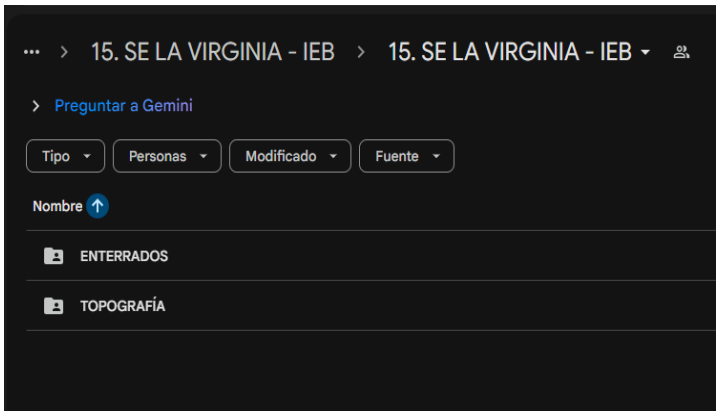


Figura 4 Subcarpeta Proyecto SE LA VIRGINIA - IEB.Nivel 2
Fuente: propia, 2025.

4. **Estandarización de Entregables:** Se realizó la organización de los datos de descarga y salida siguiendo la Taxonomía de Entregables de Ventura, la cual constituye la estructura obligatoria para la administración técnica del contrato.

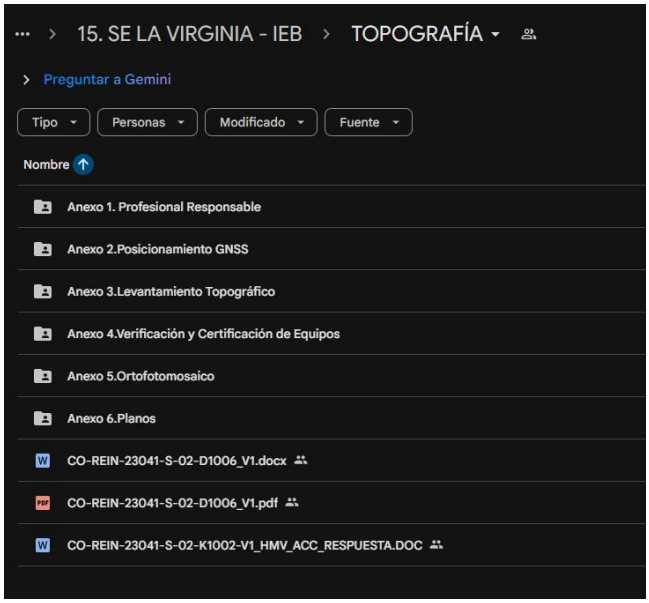


Figura 5 Estandarizacion de entregables.Nivel 3
Fuente: propia, 2025.

- Anexo 1. Profesional Responsable: Documentación de idoneidad y matrícula.
- Anexo 2. Posicionamiento GNSS: Repositorio de datos crudos (RINEX), cálculos de ajuste, reportes TBC e insumos de procesamiento
- Anexo 3. Levantamiento Topográfico:
- Anexo 4. Verificación y Certificación: Certificados de calibración vigentes de los equipos.
- Anexo 5. Ortofotomosaico: Insumos y productos fotogramétricos (GeoTIFF, Reportes Pix4D).
- Anexo 6. Planos: Archivos finales de ingeniería (DWG/PDF/MDT).
- Documentación General: Informes técnicos en formato PDF y editable (Word).

3.2.2. Fase 1: Procesamiento Geodésico y Altimétrico (La Base de Control)

Esta fase constituyó el cimiento geométrico del proyecto, cuyo objetivo principal fue la determinación de las coordenadas definitivas y certificadas de los vértices de control.

Previa preparación en campo de la información el ingeniero encargado de la toma de información en campo debe suministrar una carpeta para cada punto rastreado nombrada según se denomine el punto con la siguiente información:

1. Formato de rastreo.
2. Archivo crudo de posicionamiento (Este archivo es el descargado de la antena con la cual se posiciono el o los puntos, para este caso será uno *.cnb).
3. Registro fotográfico.

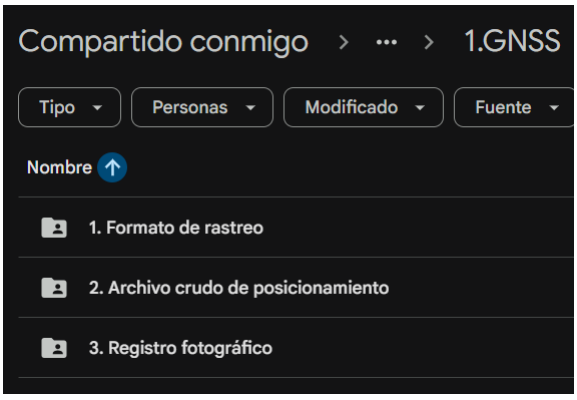


Figura 6 Preparacion de informacion de campo – SE La Virginia.
Fuente: propia, 2025.

Posterior a tener esta información organizada Ventura cuenta con una estructura digital para el almacenamiento tanto de los insumos como de los resultados del procesamiento. Se recomienda crear una carpeta para el proyecto que contenga una para el procesamiento de puntos GNSS. La estructura digital es la siguiente:



Figura 7 Estructura digital de entrega de procesamiento de puntos GNSS – SE La Virginia.
Fuente: propia, 2025.

3.2.2.1. Insumos de procesamiento

1. **Datos crudos**

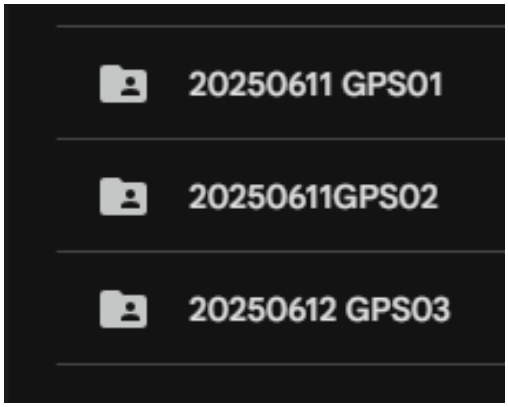


Figura 8 Crudos Proyecto SE BETANIA- IEB.
Fuente: propia, 2025

2. Datos RINEX (Datos crudos y estaciones MAGNA ECO)

Se llevó a cabo el procesamiento de los datos crudos (formato RINEX) provenientes de los receptores GNSS de doble frecuencia y estaciones MAGNA ECO, siguiendo el flujo de trabajo descrito a continuación:

Conversión y Validación: Transformación de datos crudos a RINEX mediante Compass Receiver Utilities (CRU).

Se despliega el software CRU, en la pestaña Folders se ubica la carpeta que contiene elarchivo crudo como se visualiza en la figura 9.

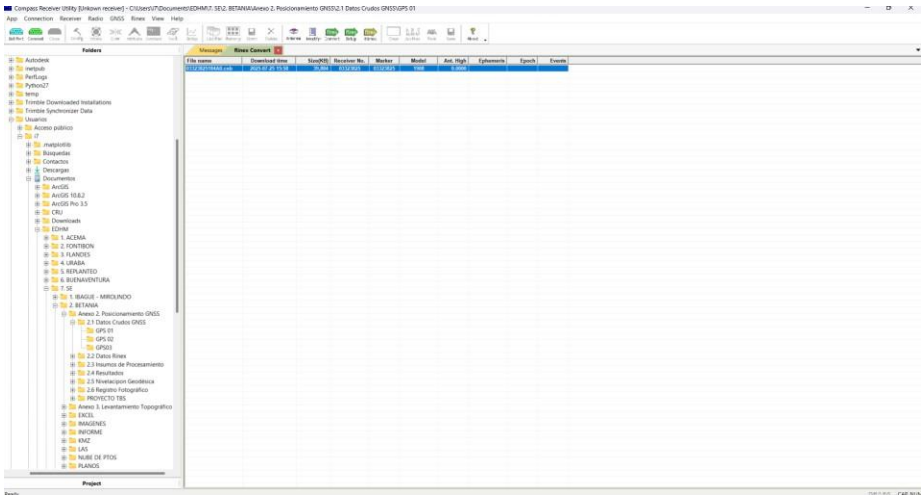


Figura 9 Obtención de archivos RINEX con CRU – Ubicación de archivos
Fuente: propia, 2025

Posteriormente se da clic sobre Project – Rinex Convert, allí se despliega el archivo crudo verfigura 10.



Figura 10 CRU Project – Rinex Convert
Fuente: propia, 2025

Previamente de haber configurado el proyecto, clic derecho seleccionar Convert Setting y únicamente darle OK. En caso de que no se hagano se produce los rinex ver figura 11. Finalmente dar clic en Rinex Convert y esperar a que cuente las épocas.

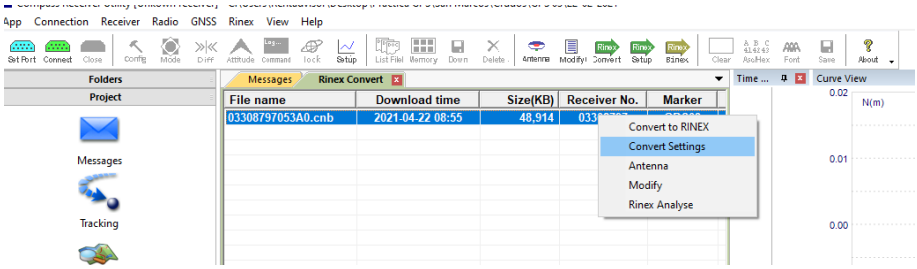


Figura 11 Selección de Convert Setting.
Fuente: propia,

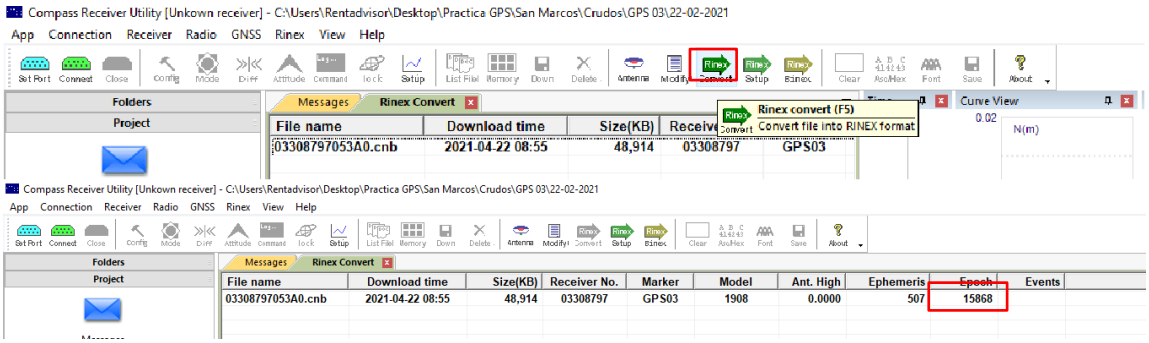


Figura 12 Rinex, conteo de épocas.
Fuente: propia, 2025

Cuando finaliza crea 5 archivos (los más importantes son el archivo G, N y O) en la carpeta donde estaba el archivo original. Pasar los archivos creados a la carpeta Datos Rinex.

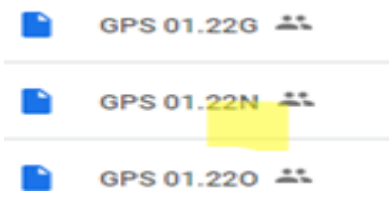


Figura 13 Archivo rinex G. N y O Final
Fuente: propia, 2025

Este procedimiento se realiza para todos los puntos a procesar y se guardan en una carpeta con el nombre del punto.

3. Rinex de las estaciones MAGNA ECO

De acuerdo con las estaciones que fueron informadas por el ingeniero encargado en campo con las cuales se calculó el tiempo de rastreo para los puntos, se descargan los rinex para estas. Para ello en la página Colombia en Mapas del IGAC (https://www.colombiaenmapas.gov.co/) se busca Red Geodésica Nacional de Colombia, allí aparece en verde las estaciones que se encuentran activas en ese momento. Se selecciona la primera estación permanente a trabajar, ejemplo BOGT.

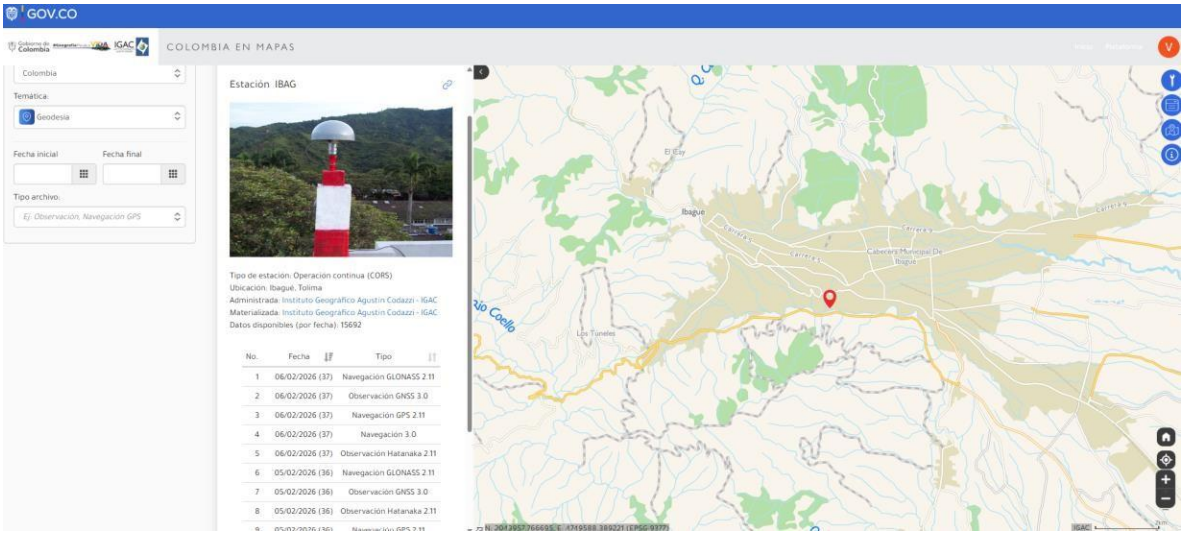


Figura 14 Red Geodésica Nacional de Colombia
Fuente: Colombia en mapas, 2025

Se busca la fecha del posicionamiento y se descargar los tres archivos O,N y G. Para ello es necesario iniciar sesión.

NOTA: Para estaciones de la red Sudamérica se toman los rinex de sirgas y si es local por ejemplo de la red del servicio geológico colombiano se envía un correo a la entidad pidiendo los rinex.

4. **Importación de Efemérides:** Se procedió a la descarga e importación de las Efemérides Precisas (*Final Orbits*) de la NASA/IGS. Este procedimiento permitió la corrección de las desviaciones orbitales de los satélites, optimizando así la precisión en el cálculo de las líneas base.

Se descargar los archivos de las efemérides para cada uno de los días de posicionamiento, para ello es necesario saber: el día GPS y semana GPS para el posicionamiento.

En el link https://www.gnsscalendar.com/ o la página denominada GNSS CALENDAR AND UTILITY (calendario GPS) ver figura 16, en el calendario que aparece allí se selecciona el día del posicionamiento ejemplo 11 de junio del 2025. Donde se obtiene que la semana GPS es la 2369 y el día es 157.

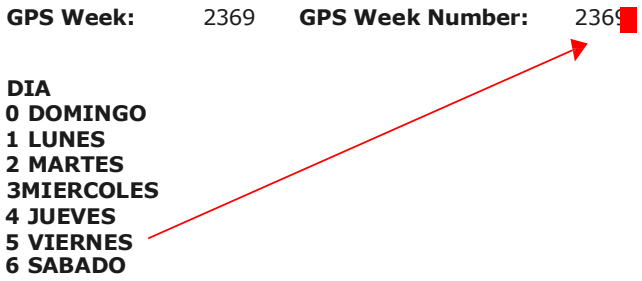


Figura 15 Numero de semana - GPS
Fuente: propia, 2025

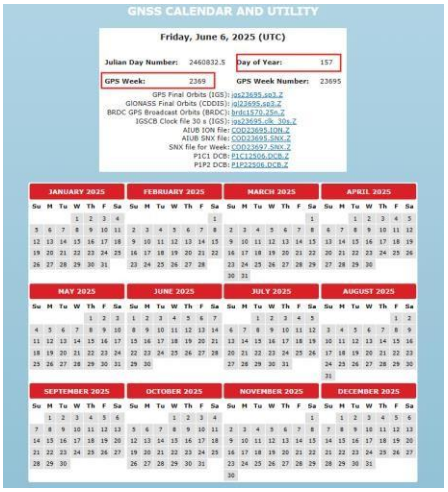


Figura 16 Numero de semana y día GPS – GPS01 SE La Virginia
Fuente: propia, 2025

Finalmente siendo para el ejercicio el día GPS 157 (día del año para buscar en la red magnaeco

Ahí se descargan, al descargar bajan con una extensión igrxxx.sp3 donde los archivos que tienen prefijo:

- IGR SON LAS COMPLETAS O FINALES
- LAS IGS SON LAS RAPIDAS

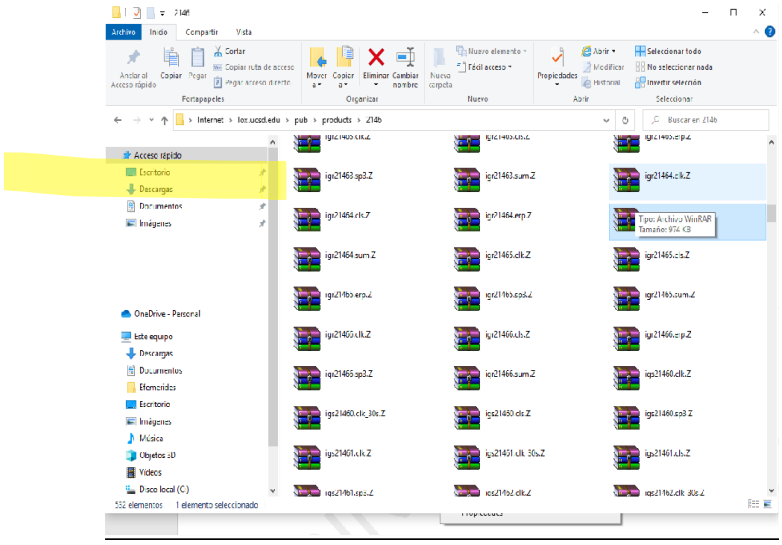


Figura 17 Carpeta con el servicio FTP creada
Fuente: propia, 2025

5. Coordenadas semanales:

Se realizó la integración de los archivos de observación de los vértices del proyecto con los archivos RINEX de las Estaciones Permanentes de la Red MAGNA-ECO del IGAC más cercanas a cada sitio de estudio. Este procedimiento aseguró la vinculación de los levantamientos al marco de referencia nacional.

En el link https://www.sirgas.org/es/weekly-solutions/ o en la página de sirgas coordenadas semanales se descarga el archivo de coordenadas. crd de la semana del posicionamiento o de la última semana que este registrado allí, la más cercana a la fecha del posicionamiento figura 19.

Al archivo *.crd descargado se le realiza una copia y se cambia la extensión por *.txt como semuestra a continuación, figura 13:

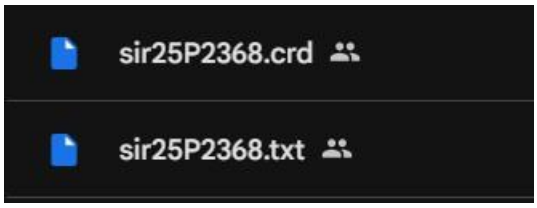


Figura 18 Cambio de nombre – Semana 2368
Fuente: propia, 2025

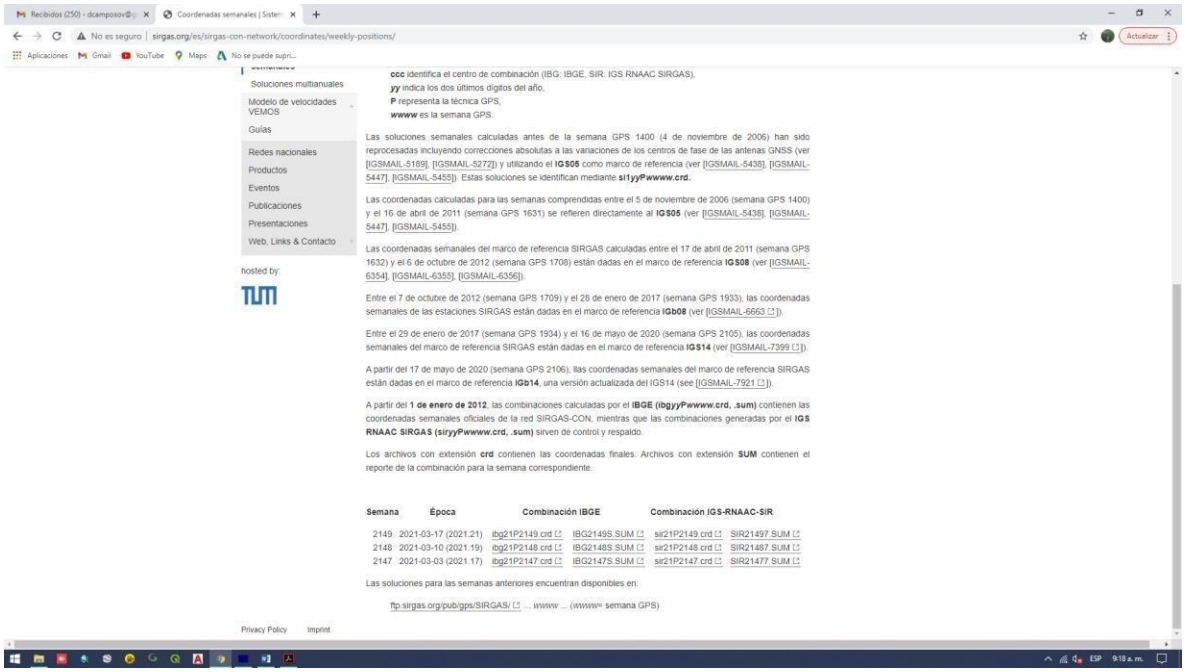


Figura 19 Pagina de sirgas para descargar coordenadas semanales
Fuente: propia, 2025

Donde las IBG son las primeras y las SIR son las corregidas. Se buscan y seleccionan las coordenadas de las estaciones permanentes con las que se realizaran los procesamientos.

Las coordenadas que allí reposan son geocéntricas, con ayuda del software Magna Pro 5.1 se convierten las coordenadas en: Coordenadas geográficas y Coordenadas planas según origen. Estas se consignan en un archivo para su posterior uso.

Tabla 3 Estaciones permanentes más cercanas

SUBESTACION	SEMANA SIR GAS	ESTACIONES PERMANENTES
LA VIRGINIA	2370	ZARZ y IBAG
IBAGUE	2368	PERA y IBAG
BETANIA	2371	NEVA y POPA

Fuente: Elaboración propia, 2025.

6. Ajuste de Líneas Base y Red

El procesamiento de la información capturada en campo se ejecuta mediante un flujo de trabajo riguroso que garantiza la precisión de los resultados mediante el uso de estaciones de referencia y efemérides precisas; este proceso comprende el cálculo de las líneas base y el posterior ajuste de la red vectorial por el método de Mínimos Cuadrados. Durante esta fase, se analizan los residuales y se verifica que las elipses de error se mantengan dentro de las tolerancias establecidas (1 cm), asegurando así la rigurosidad geométrica y la fiabilidad del control horizontal obtenido.

7. Creación y Configuración del Proyecto

El procedimiento inicia con la ejecución del software TBC y la creación de un proyecto nuevo, asignando el nombre correspondiente al punto o red a procesar.

Posteriormente, se accede a las Opciones de configuración del proyecto para definir el sistema de coordenadas. En caso de requerir el Origen Nacional (Colombia), se procede con la importación o creación del sistema mediante archivos de extensión. prj. Es imperativo configurar correctamente el sistema de coordenadas de entrada, dado que este determina la referencia de los resultados finales.

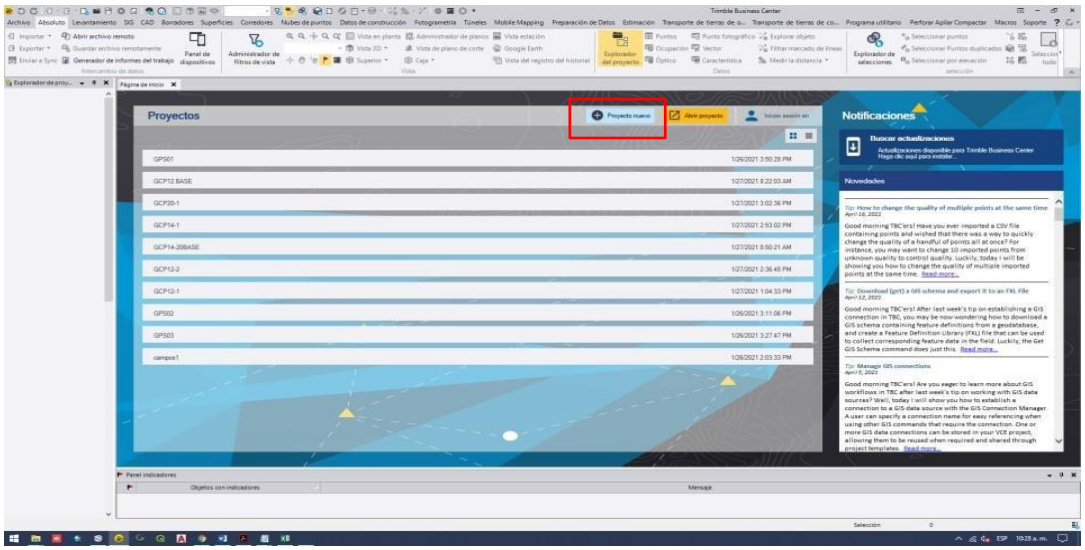


Figura 20 Creación proyecto TBC
Fuente: propia, 2025

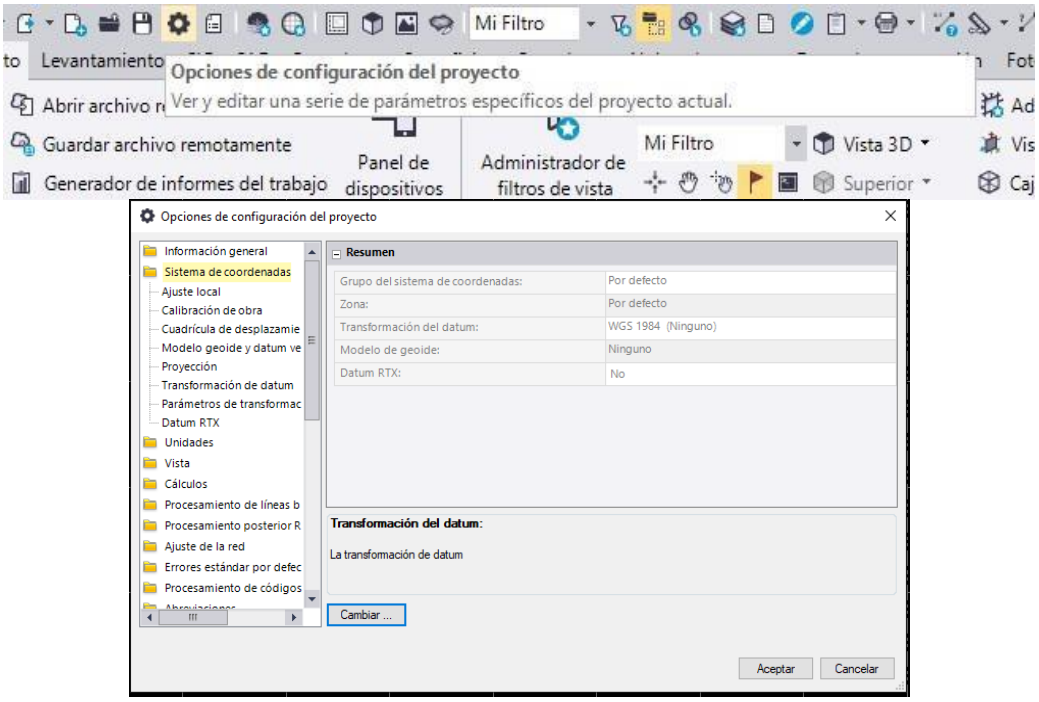


Figura 21 Configuración proyecto - TBC
Fuente: propia, 2025

8. Importación de Datos y Archivos RINEX

A través de la herramienta **Importar**, se seleccionan y cargan los insumos necesarios para el cálculo:

- Archivos RINEX (observaciones. O, navegación. N y. G) de las estaciones de referencia permanente.
- Archivos RINEX del punto o puntos posicionados en campo.
- Archivos de **efemérides precisas** correspondientes a las fechas de rastreo.

Al cargar los archivos de las estaciones permanentes, el software despliega una ventana de comprobación donde se validan los parámetros de la antena y el tiempo de observación.

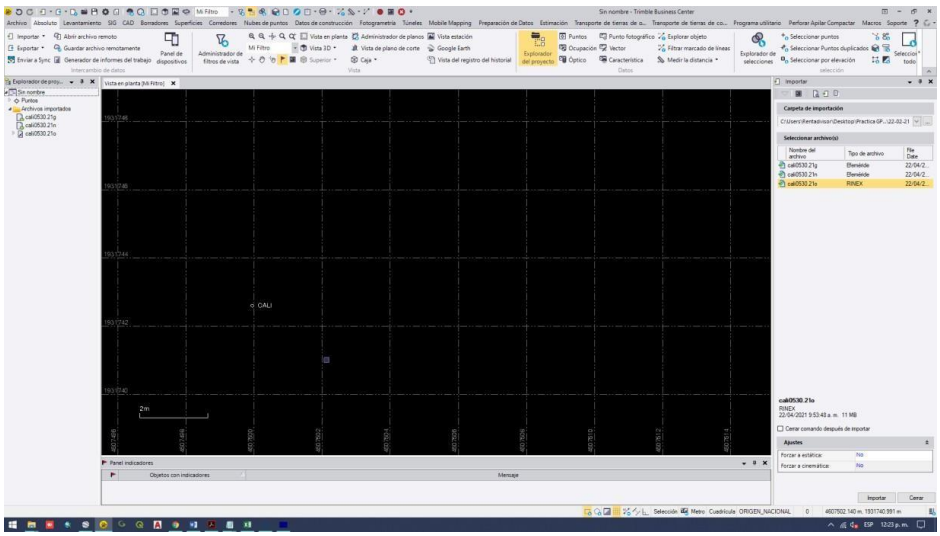


Figura 22 Software TBC
Fuente: propia, 2025

9. Definición de Coordenadas de Control

Para establecer las bases de la red, se selecciona la estación permanente, se hace clic derecho y se elige la opción **Añadir coordenadas**. En el apartado de **Tipo de coordenada**, se selecciona **Global**, permitiendo el ingreso de las coordenadas geográficas oficiales de la estación.

Para garantizar que el software trate estos puntos como fijos, se accede a la configuración de calidad y se activa el **Control de Calidad** tanto para la componente horizontal como vertical. Este cambio se refleja visualmente en el espacio de trabajo mediante un icono triangular sobre la estación.

10. Configuración del Punto a Procesar

Tras cargar los archivos del punto levantado en campo, se deben verificar y editar los metadatos en la ventana de propiedades:

- **Nombre del punto:** Validación de la nomenclatura oficial.
- **Altura de antena:** Ingreso del valor medido en campo.
- **Método de medición:** * Si la altura es inclinada, se selecciona **Centro de fase**.
- Si la altura es vertical, se selecciona **Base del soporte de la antena**.

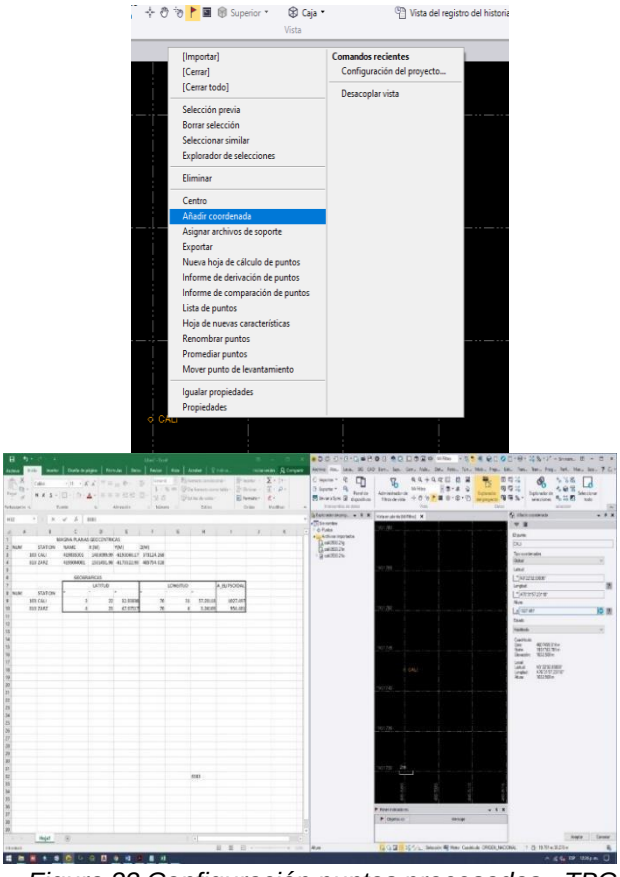


Figura 23 Configuración puntos procesados - TBC
Fuente: propia, 2025

11. Procesamiento de Líneas Base

En la pestaña Levantamiento (o SIG), sin selecciones previas, se ejecuta el comando Procesar líneas base. Una vez finalizado el cálculo, se debe verificar que el Tipo de solución sea Fijo para todos los vectores. Esta condición es esencial para asegurar la fiabilidad estadística del procesamiento.

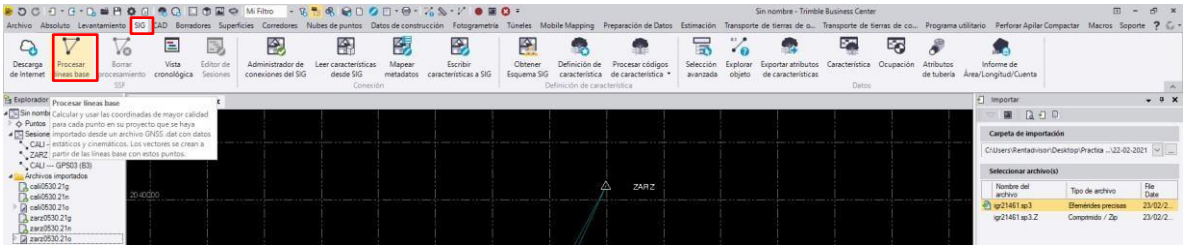


Figura 24 Procesamiento línea base - TBC
Fuente: propia, 2025

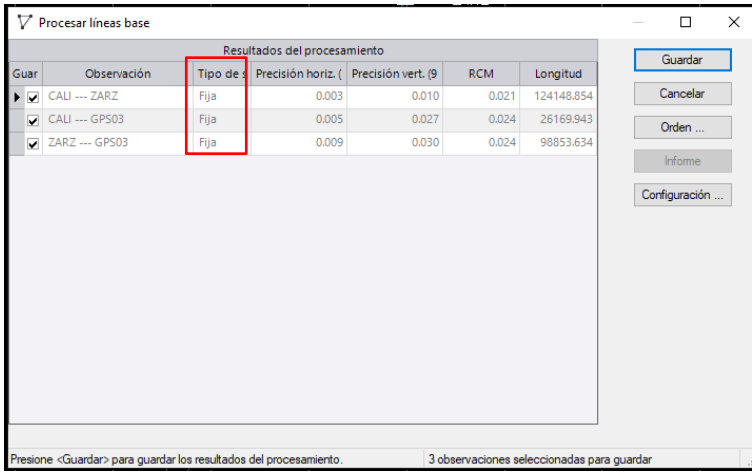


Figura 25 Resultado de la línea base - TBC
Fuente: propia, 2025

12. Ajuste de la Red Geodésica

Para proyectos que involucran múltiples vectores, se procede con el ajuste de la red:

1. Se accede a la herramienta Ajustar red.
2. Se seleccionan las componentes 2D y h para las estaciones de control.
3. Se ejecuta el ajuste y se verifica el estadístico Chi-cuadrado.

4. En caso de que el resultado sea "Fallido", se utiliza la pestaña de Ponderación, aplicando el factor de escala (icono de asterisco) y recalculando hasta obtener el estado de "Pasado".

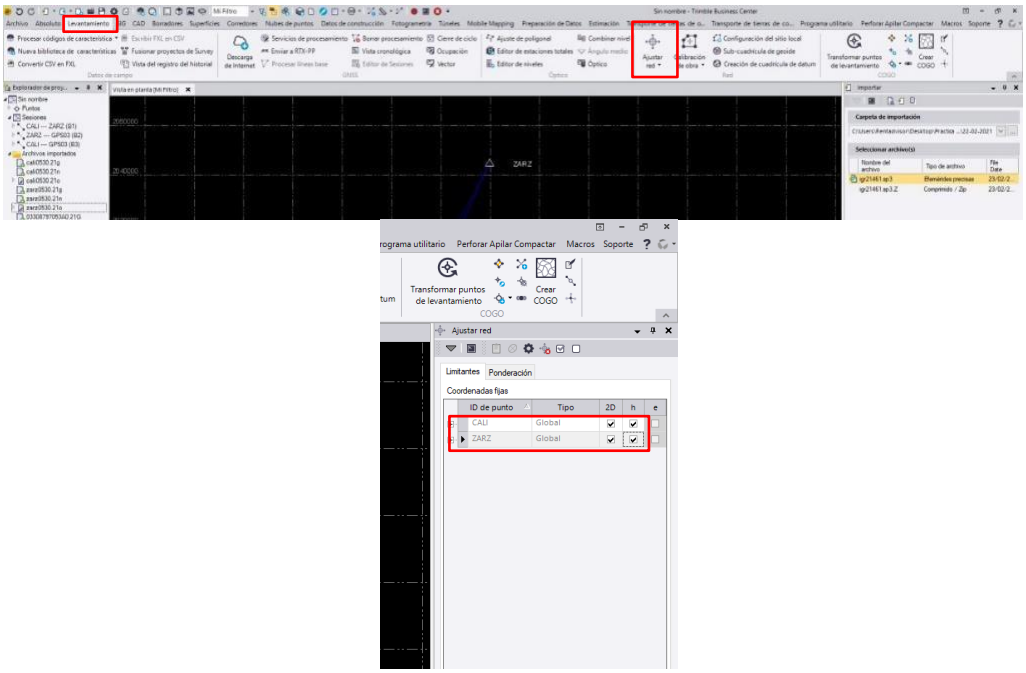


Figura 26 Ajuste Red Geodésica - TBC
Fuente: propia, 2025

13. Generación de Informes Técnicos

Como fase final y sustento documental de la pasantía, se exportan los reportes oficiales desde el menú de Informes:

- **Informe de ajuste de red:** Detalla la precisión estadística y el cumplimiento de tolerancias.
- **Informe de procesamiento de líneas base:** Registra el comportamiento de cada vector individual.
- **Lista de puntos:** Resume las coordenadas finales (Norte, Este, Elevación) obtenidas.

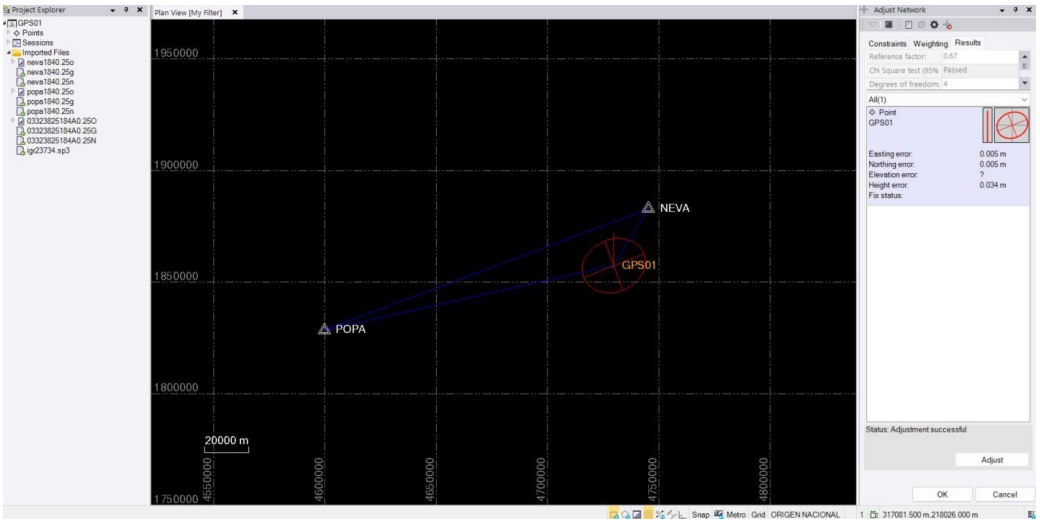


Figura 27 Red ajustada SE BETANIA- IEB.
Fuente: propia, 2025

14. **Transformación de Época:** Mediante el uso del software MAGNA-SIRGAS PRO 5.1, se realizó la transformación de las coordenadas ajustadas desde la época de referencia de la medición (ITRF actual) hacia la Época de Referencia 2018.0 (MAGNA-SIRGAS), cumpliendo así con los requerimientos contractuales establecidos.

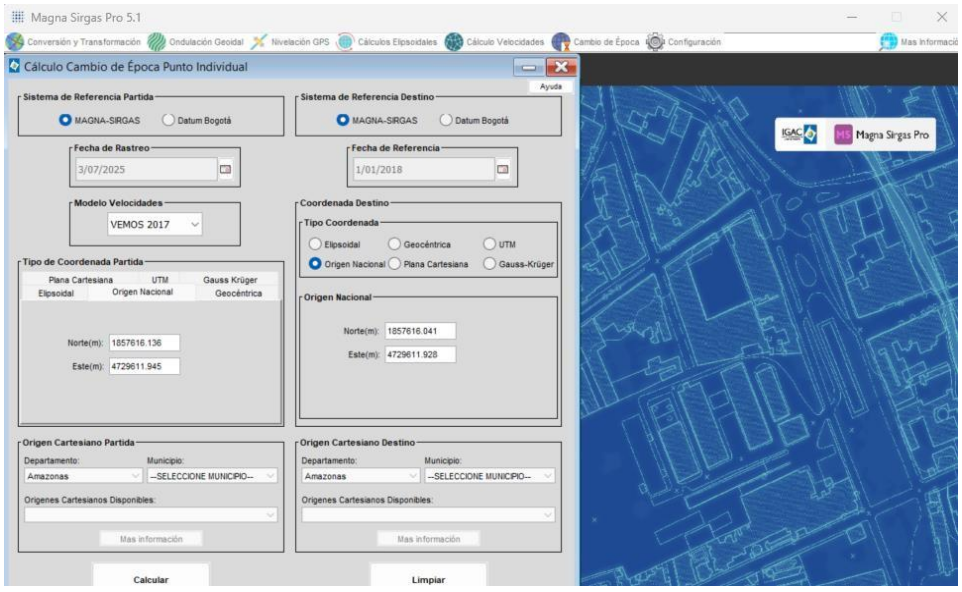


Figure 28 Cambio de época Proyecto SE BETANIA- IEB.
Fuente: propia, 2025

15. Compensación de Nivelación Geométrica

Para garantizar la precisión vertical (cota), se procedió al procesamiento de los datos provenientes de los circuitos de nivelación diferencial de precisión, siguiendo el procedimiento descrito:

1. **Cálculo de Desniveles:** Se determinaron los desniveles brutos entre puntos de cambio y vértices, aplicando la diferencia entre lecturas de vista atrás y vista adelante.
2. **Verificación de Cierre:** Se realizó la comprobación del error de cierre del circuito frente a la tolerancia máxima permitida por la normativa técnica, definida mediante la expresión (T = 4mm).
    - Fórmula de Control:

$$\boldsymbol{En \leq 0,008 * K^{1/2}}$$

Ecuación 1 Error máximo en nivelación

Siendo,

En= Error en nivelación máximo permitido

K= Longitud del circuito de nivelación en km.

3. **Compensación Matemática:** Se efectuó la distribución del error de cierre de manera proporcional a la distancia nivelada, permitiendo así la obtención de las cotas ortométricas definitivas para cada placa de control.

CIRCUITO DE NIVELACIÓN S.E. LA VIRGINIA						
PUNTO	V+	V-	V+	V-	COTA	
					NIV	CONTR
GPS01	1.435			1.370	1114.957	1114.957
C#1	1.867	1.268	1.203	1.747	1115.124	1115.124
GPS02	1.915	2.075	1.955	1.902	1114.916	1114.916
C#2	2.903	0.688	0.674	2.790	1116.143	1116.143
C#3	2.017	0.3	0.188	1.874	1118.746	1118.746
GPS03		0.563	0.42		1120.200	1120.200

Figure 29 Nivelación SE BETANIA- IEB.
Fuente: propia, 2025

3.2.3. Fase 2: Procesamiento Fotogramétrico Digital (Software Pix4D Mapper)

Se ejecutó el procesamiento de las imágenes aéreas capturadas con RPAS (Drone) para generar cartografía métrica. El flujo de trabajo en gabinete consistió en:

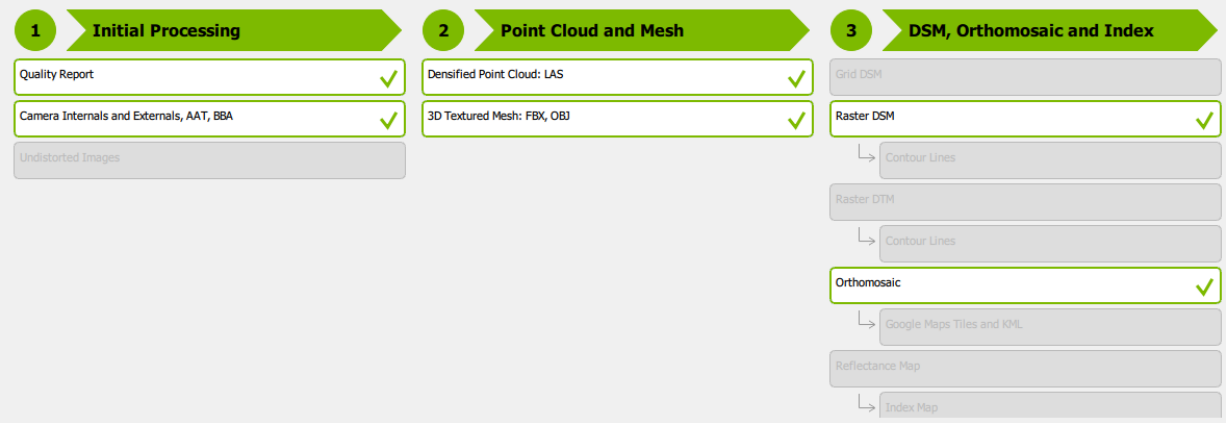


Figura 30 Flujo Pix4D SE BETANIA- IEB.
Fuente: Pix 4D – SE Betania, 2025

1. **Aero triangulación y Alineación Inicial:** El software identificó miles de puntos clave (Keypoints) comunes entre imágenes superpuestas para reconstruir la geometría del vuelo y la posición de las cámaras.

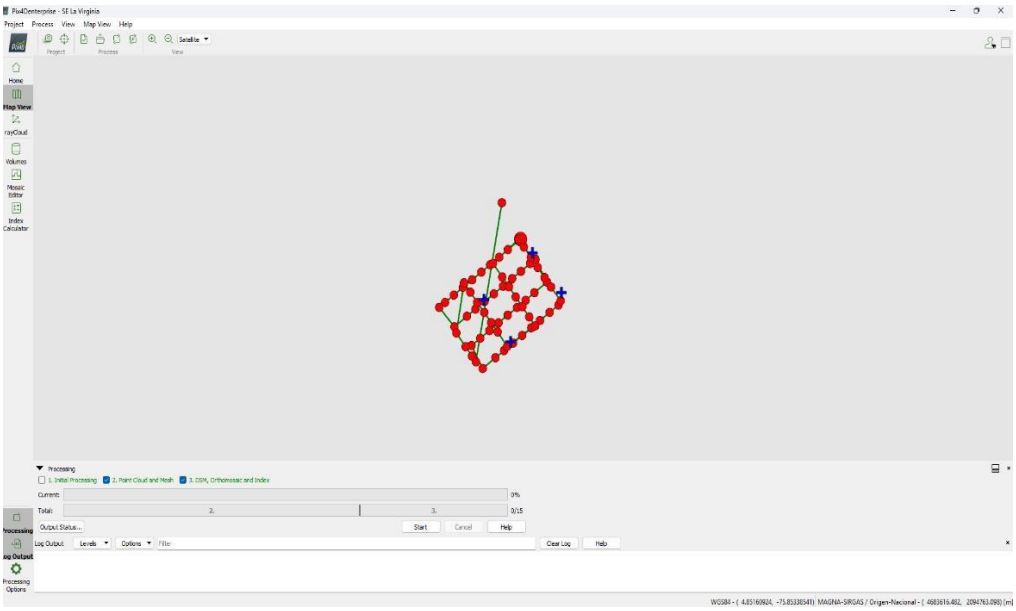


Figura 31 Proyecto Pix4D SE BETANIA- IEB.
Fuente: propia, 2025

2. **Incorporación de Puntos de Control Terrestre (GCPs):** Se importaron las coordenadas certificadas (obtenidas en la Fase 1) y se marcaron manualmente en las fotografías (RayCloud).

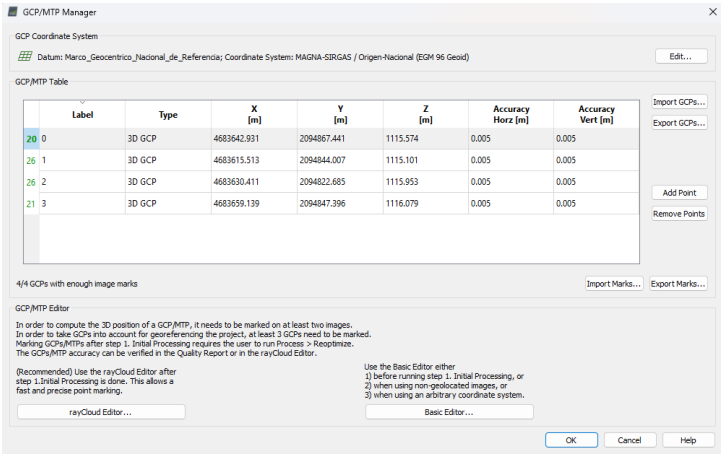


Figura 32 GCP´s SE BETANIA- IEB.
Fuente: propia, 2025

3. **Re-optimización (Bundle Block Adjustment):** Se recalculó el bloque fotogramétrico forzando el modelo a ajustarse a los GCPs, reduciendo el error RMS y garantizando la precisión métrica y la georreferenciación absoluta.

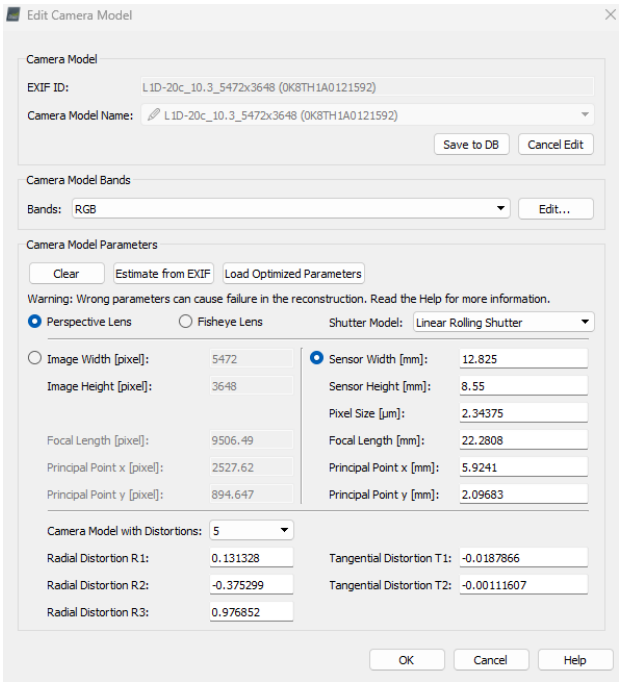


Figura 33 Re optimización Proyecto Pix4D.
Fuente: propia, 2025

4. **Generación de Productos Densos:**
    - **Nube de Puntos Densa:** Generación de la nube 3D texturizada.
    - **MDS y MDT:** Creación de modelos de elevación rasterizados.
    - **Ortofotomosaico:** Proyección ortogonal de las imágenes corregidas geométricamente, libre de distorsiones de perspectiva.



Figura 34 Ortofotomosaico Proyecto SE IBAGUE- IEB.
Fuente: propia, 2025

3.2.4. Fase 3: Procesamiento de Nubes de Puntos LiDAR (Registro y Clasificación)

El manejo de la data del Escáner Láser 3D (FJD Trion S1) fue crítico para la obtención del "Gemelo Digital".

1. **Registro y Georreferenciación:** La nube de puntos bruta (en sistema local relativo SLAM) se transformó al sistema de coordenadas del proyecto alineándola con los puntos de control topográficos distribuidos en la subestación.

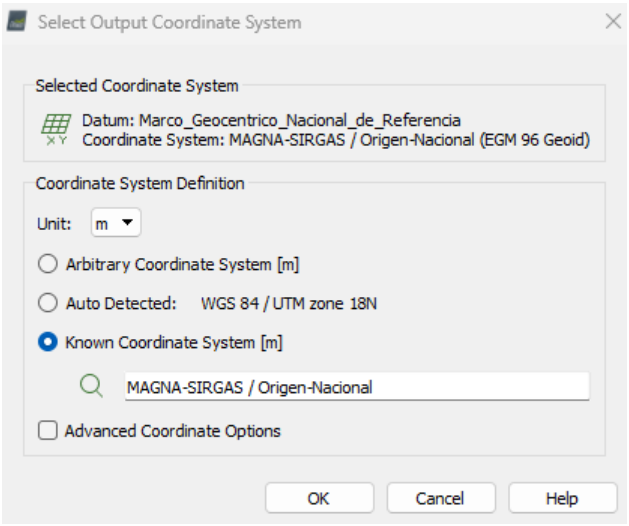


Figura 35 Sistema de Coordenadas de Salida -Proyecto Pix4D.
Fuente: propia, 2025.

2. **Depuración y Limpieza:** Se eliminó el "ruido" o puntos espurios generados por reflejos, personas en movimiento o polvo, utilizando algoritmos de filtrado por distancia e intensidad.
3. **Clasificación de la Nube (Segmentación):** Se clasificaron los puntos en capas lógicas para su explotación:
    - Ground (Terreno): Filtrado de vegetación y objetos para obtener el suelo desnudo.
    - High Vegetation: Árboles y arbustos.
    - Buildings/Structures: Pórticos, casetas, transformadores y equipos inductivos.



Figura 36 Nube de puntos depurada y clasificada SE BETANIA- IEB.
Fuente: propia, 2025

3.2.5. Fase 4: Modelado 3D, Análisis y Producción de Planos (CAD)

La fase de procesamiento culminó con la transición de los datos masivos (nube de puntos) a un modelo digital inteligente. Este proceso no se limitó a un dibujo lineal, sino que consistió en una restitución geométrica de alta fidelidad basada en flujos de trabajo BIM (Building Information Modeling) utilizando el software especializado AutoCAD Civil 3D

1. **Generación del Modelo Digital de Terreno (MDT)**

A partir de la nube de puntos clasificada como "Terreno", se generó una red de triángulos irregulares (TIN) para interpolar y dibujar las Curvas de Nivel (intervalo 0.20 m / 1.0 m), representando fielmente la topografía.



Figura 37 MDT – SE Betania.
Fuente: propia, 2025

2. Integración de Insumos y Verificación de Coincidencia

Para garantizar la integridad del modelo, se empleó una metodología de fusión de datos multisensoriales:

- ***Ingesta de Datos (Cloud Attach):*** El flujo de trabajo inició con la vinculación del archivo de realidad capturada en formato .RCP (ReCap Project) mediante el comando POINTCLOUDATTACH. Este formato permite gestionar nubes de puntos densas de manera fluida dentro del entorno de Civil 3D, manteniendo la indexación de los datos espaciales.

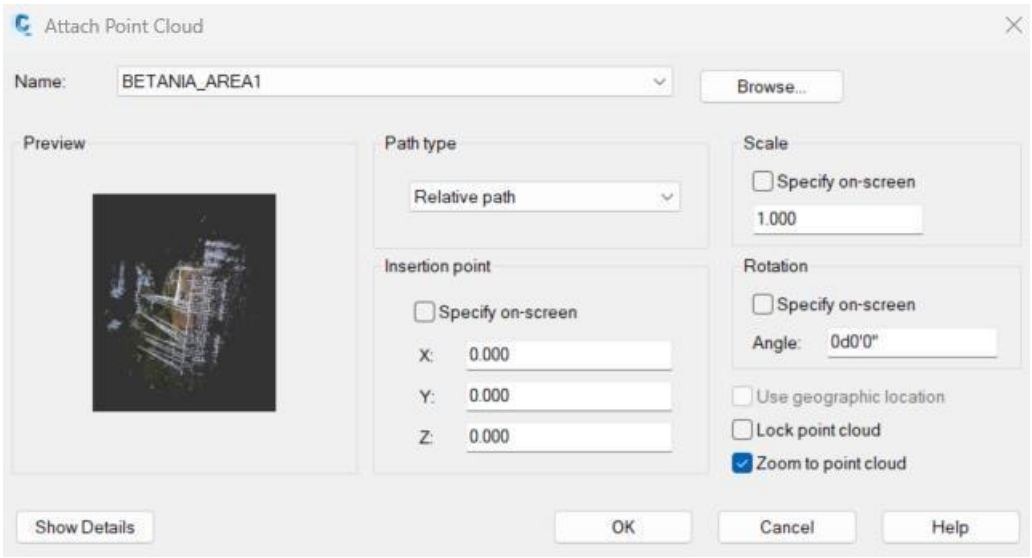


Figura 38 Vinculación nube de puntos SE BETANIA- IEB.
Fuente: propia, 2025

- **Sincronización Nube-RTK:** Sobre la nube de puntos importada, se superpusieron los puntos de control levantados mediante GNSS RTK. Esta etapa fue crítica para validar que la nube no presentara deformaciones sistemáticas y que la georreferenciación fuera consistente con el marco de referencia nacional.
- **Verificación de Calibración:** Se realizaron comprobaciones de "overlap" o solape, asegurando que los centros de masa de los elementos visibles en la nube coincidieran con las coordenadas capturadas en campo con el equipo RTK, manteniendo una desviación RMS inferior a los 2 cm.

3. Restitución planimétrica 2D y Topología

La vectorización de la planta general se realizó mediante el trazado de polilíneas de precisión. Se definieron bordes de vías, trazados de canaletas de drenaje, perímetros de bases de concreto y cerramientos.



Figura 39 Restitución planimetría SE BETANIA- IEB.
Fuente: propia, 2025

- **Control de Calidad:** Cada trazo fue verificado simultáneamente con el Ortofotomosaico de alta resolución para capturar detalles que pudieran estar ocluidos en la nube de puntos.
- **Estructuración de Capas:** Se implementó un estándar de nomenclatura de capas (layers) orientado a BIM, permitiendo la clasificación semántica de cada elemento para su posterior gestión en ciclos de vida del proyecto.



Figura 40 Layers Civil 3D - SE BETANIA- IEB.
Fuente: propia, 2025

4. Modelado Tridimensional (3D) Paramétrico en Civil 3D

El modelado 3D se ejecutó bajo una metodología de "as-built" digital, transformando las geometrías planas en volúmenes reales. Para optimizar el rendimiento del software y la precisión del dibujo, se aplicaron las siguientes técnicas avanzadas:

Gestión de la Nube y Reducción de Ruido (Cropping): Dada la densidad de información, se utilizaron las herramientas de Recorte de Nube de Puntos (POINTCLOUDCLIP) para aislar sectores específicos de la subestación. Esto permitió trabajar sobre áreas críticas sin la distracción visual de elementos periféricos. Asimismo, se aplicaron filtros por Intensidad **y** Color Real (RGB) para diferenciar materiales (concreto vs. metal) y facilitar la identificación de bordes en zonas con alta reflectividad.

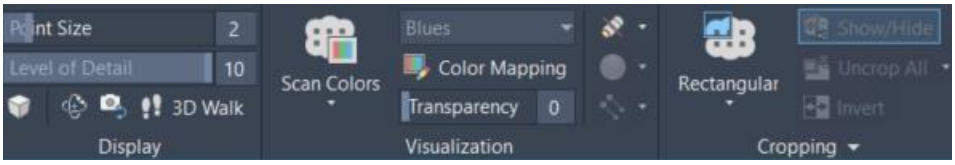


Figura 41 Nube de puntos depurada SE BETANIA- IEB.
Fuente: propia, 2025

Configuración del Sistema de Coordenadas de Usuario (UCS): Se determinó que trabajar estrictamente sobre el Sistema de Coordenadas Universales (WCS) dificultaba el modelado de elementos con orientaciones oblicuas. Por ello, se generaron nuevos Sistemas de Coordenadas de Usuario (UCS) ortogonales a las caras de las estructuras o ejes de los equipos. Esta técnica fue fundamental para proyectar el plano de dibujo sobre caras verticales o inclinadas, asegurando que las extrusiones fueran perpendiculares a la geometría real del objeto.



Figura 42 WCS Civil 3D.

Fuente: propia, 2025

Precisión de Selección y 3DSNAP: Debido a la naturaleza de la nube de puntos (amalgama densa de millones de coordenadas), se extremó la precaución al utilizar los modos de referencia a objetos 3D (3DSNAP). Se advirtió que una selección descuidada podía capturar accidentalmente puntos del fondo o de estructuras posteriores en lugar del nodo superficial deseado. Por ello, se restringió el cursor a nodos específicos y se monitoreó constantemente la coordenada Z para evitar desplazamientos accidentales en la profundidad del modelo.

Comandos de Construcción Volumétrica y Edición:

- **Generación de Sólidos:** Mediante EXTRUDE y PRESSPULL se levantaron las bases de equipos y muros perimetrales a partir de polilíneas cerradas.
- **Modelado de Estructuras Complejas:** Se empleó el comando LOFT para crear transiciones suaves entre perfiles de equipos inductivos y SWEEP para el modelado de cables y perfiles estructurales siguiendo trayectorias definidas por polilíneas 3D.
- **Distribución de Elementos en Serie:** Para componentes repetitivos como aisladores o postes de cerramiento, se utilizó el comando PATHARRAY,

alineando los bloques 3D a lo largo de un camino definido por el levantamiento, garantizando equidistancia y alineación perfecta.

- **Alineación y Precisión Espacial:** La ubicación final de los modelos se ajustó mediante los comandos ALIGN y 3DALIGN, permitiendo trasladar y rotar elementos 3D desde su origen de diseño a su posición exacta sobre la nube de puntos utilizando tres puntos de referencia (origen, orientación y plano) como base de control.

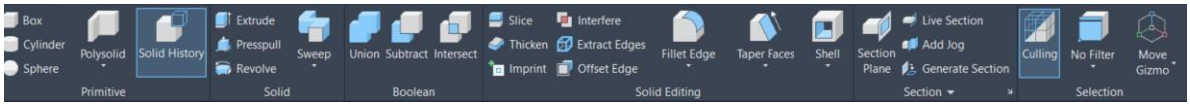


Figura 43 Comandos Civil 3D.
Fuente: propia, 2025

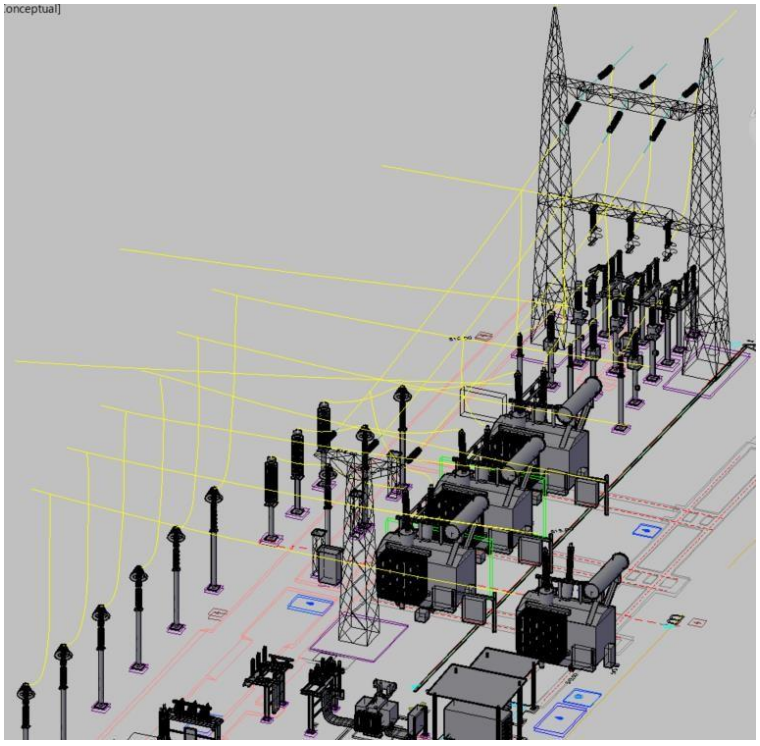


Figura 44 Elementos modelados – SE Betania.
Fuente: propia, 2025



Figura 45 Modelo 3D vs Nube de puntos SE BETANIA- IEB
Fuente: propia, 2025

5. Enfoque Especial: Equipos Inductivos para Renovación

Dada la naturaleza del proyecto de renovación, se aplicó un modelado quirúrgico en las zonas de equipos inductivos:

- **Modelado de Detalle:** Se reconstruyeron las bases de anclaje y la geometría exterior de los equipos existentes con el fin de realizar análisis de interferencias (Clash Detection).
- **Validación de Espacios:** El modelo 3D permitió verificar los radios de operación y las distancias de seguridad dieléctrica, proporcionando al equipo de diseño una base sólida para la integración de los nuevos componentes.

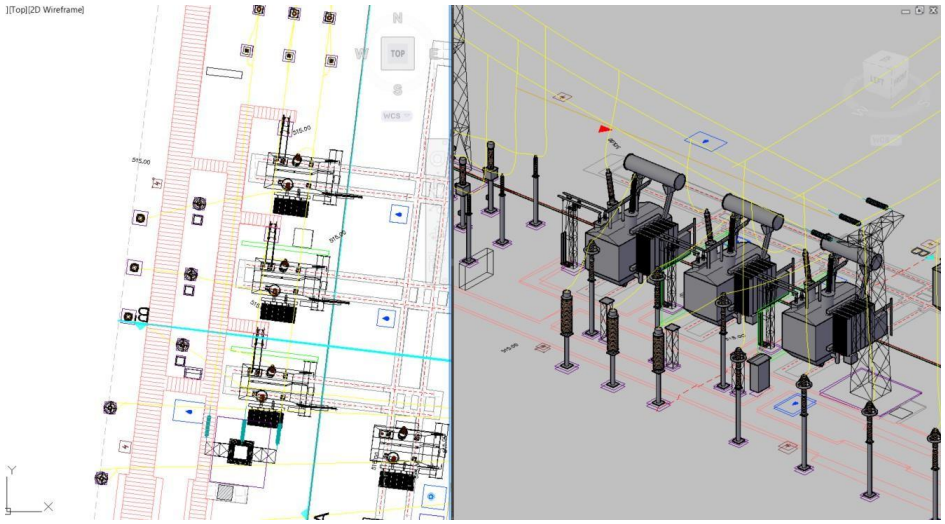


Figura 46 Verificación de espacios - SE BETANIA- IEB.
Fuente: propia, 2025

- **Cortes y Secciones:** Mediante el uso de SECTIONPLANE, se generaron cortes transversales automáticos para validar que el sólido modelado envolviera perfectamente la nube de puntos original, garantizando una coincidencia del 100% en la volumetría.

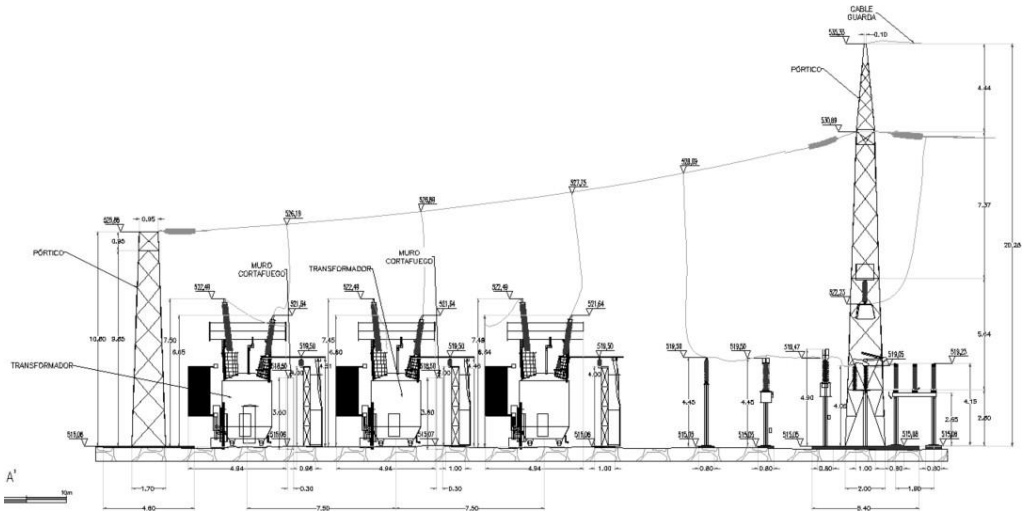


Figura 47 Corte - SE BETANIA- IEB.
Fuente: propia, 2025

Este gemelo digital resultante no solo sirve como representación visual, sino como una base de datos geográfica y geométrica lista para ser integrada en plataformas de gestión de activos o software de diseño de detalle bajo estándares BIM.

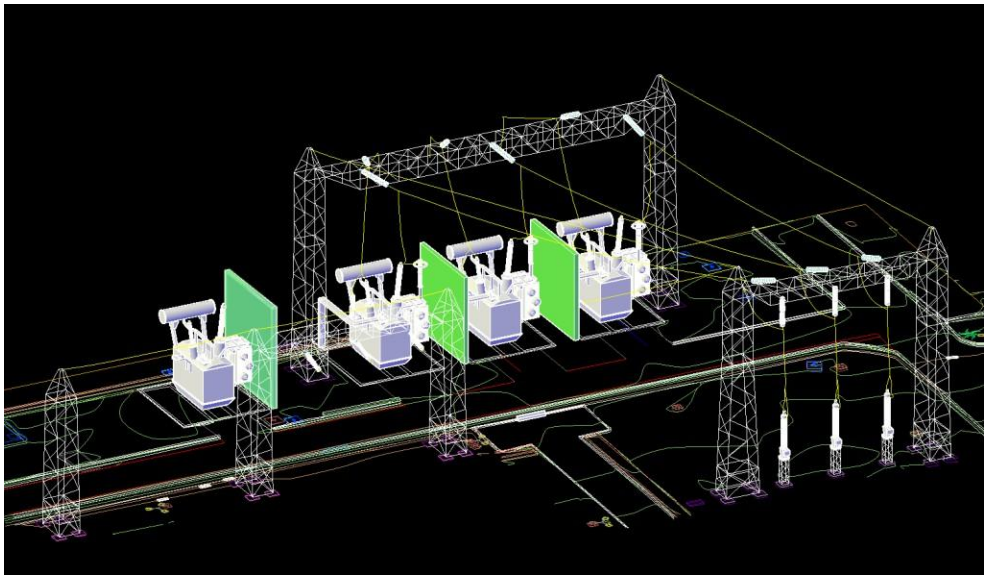


Figura 48 Modelo 3D Proyecto SE IBAGUE- IEB
Fuente: propia, 2025

- **Consolidación de Planos As-Built:** Se diagramaron las planchas finales incluyendo planta general, perfiles longitudinales, secciones transversales, cuadros de coordenadas y convenciones, cumpliendo con los estándares de rotulación y presentación exigidos por ISA INTERCOLOMBIA, los planos de la figura 49,50,51 se encuentran en los anexos de cada subestación.

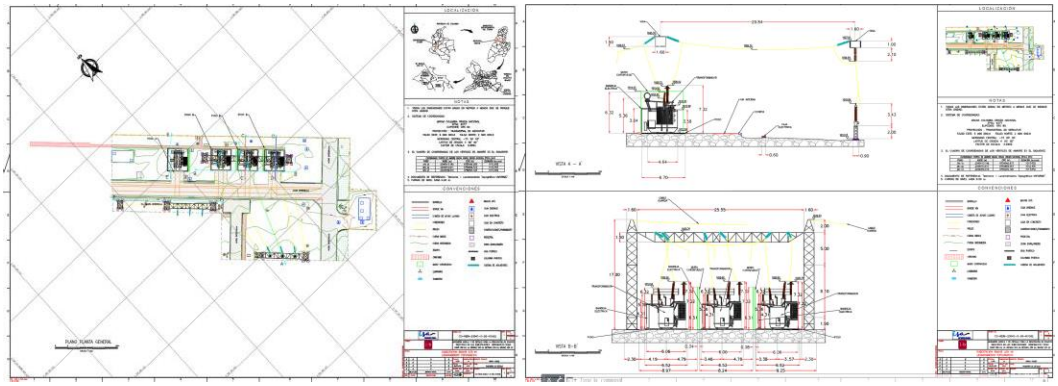


Figura 49 Planos finales SE IBAGUE
Fuente: propia, 2025

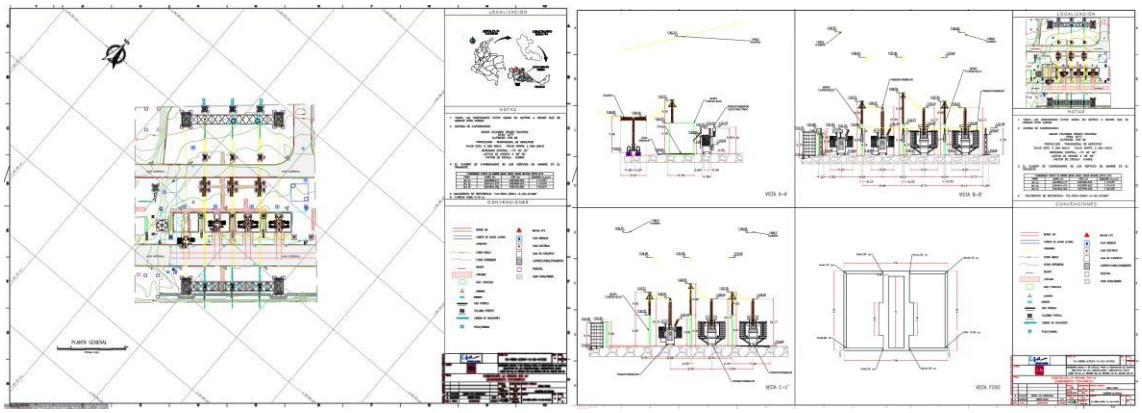


Figura 50 Planos finales SE VIRGINIA

Fuente: propia, 2025

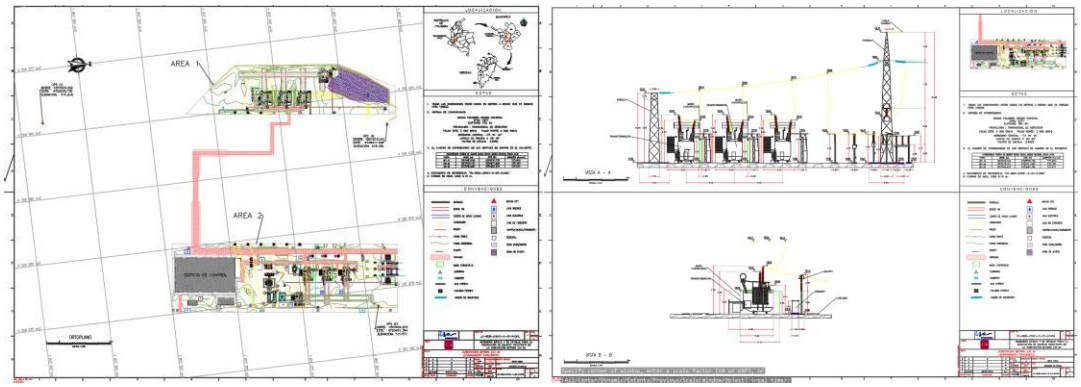


Figura 51 Planos finales SE BETANIA

Fuente: Elaboración propia, 2025

- **Informe Técnico**: Se integraron todas las memorias de cálculo, reportes de calidad (Pix4D/TBC) y certificaciones en el documento final entregable.

4. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de la pasantía reflejan el éxito en la aplicación de la Ingeniería Topográfica avanzada para la generación de insumos de diseño de alta precisión. La labor culminó en la consolidación de la base geométrica para la renovación de equipos inductivos en las tres subestaciones, dando cumpliendo a los objetivos propuestos y el plan de trabajo establecido.

En el marco de la ingeniería básica y de detalle, se logró la generación de la base geométrica y altimétrica de ultra precisión para las subestaciones La Virginia 500 kV, Ibagué 230 kV, y Betania 230 kV. Este resultado final no se limita a un conjunto de datos, sino que constituye un producto de ingeniería certificado que valida la aplicación integral de metodologías de topografía multisensores, cumpliendo con los estándares más rigurosos del sector eléctrico. La ejecución del plan de trabajo fue integral, abarcando desde el control geodésico hasta el modelado 3D avanzado.

4.2. RESULTADOS ALCANZADOS EN FUNCIÓN DE LOS OBJETIVOS

Este capítulo sintetiza los productos de ingeniería generados en la fase de Gabinete, estructurando los logros en función de los Objetivos Específicos (OE) propuestos y certificando la calidad de cada entregable conforme a los estándares topográficos de alta ingeniería (Resolución IGAC 471 de 2020 y TDRs del cliente).

4.2.1. OE1: Establecimiento del Marco Geodésico y Altimétrico

El resultado primario consistió en la obtención y certificación de la **Base Geométrica de Control (BGC)**, elemento esencial para garantizar la trazabilidad y la uniformidad espacial de toda la Ingeniería de Detalle, materializada en marcos de precisión planimétrico y altimétrico.

Certificación del Marco Geodésico (Planimétrico)

- **Producto Logrado:** Coordenadas de Control Finales Certificadas en el sistema oficial MAGNA-SIRGAS Época 2018.

Certificación del Marco Altimétrico (Vertical)

- **Producto Logrado:** Base Altimétrica Certificada (Cotas de Referencia), resultante de la compensación de la Red de Nivelación Geométrica de Precisión.

Tabla 4 Resultados precisiones GNSS

Subestación	Precisión Horizontal	Precisión Vertical
La Virginia 500 kV	Máxima: 0.006 m Norte: 0.005 m Este: 0.006 m	Máxima: +/- 0.003 m Error de cierre de Nivelación: -0.003 m
Ibagué 230 kV	Máxima: 0.004 m Norte: 0.005 m Este: 0.004 m	Máxima: +/- 0.003 m Error de cierre de Nivelación: -0.003 m
Betania 230 kV	Máxima: 0.006 m Norte: 0.005 m Este: 0.003 m	Máxima: +/- 0.004 m Error de cierre de Nivelación: +0.001 m
	El postproceso de la red GNSS en modo estático/rápido estático y su posterior ajuste, certificó la precisión horizontal de los vértices de control en el orden de los **milímetros**, siendo la base para georreferenciar el levantamiento masivo 3D.	

Fuente: Elaboración propia, 2025.

4.2.2. OE2: Generación de Ortofotomosaicos Métricos de Alta Resolución

Producto Logrado: Ortofotomosaicos Georreferenciados (Formato GeoTIFF).

Aporte Técnico: La precisión planimétrica del mosaico se certifica por el Error Cuadrático Medio (RMS) reportado en los Puntos de Control Terrestre (GCPs), manteniéndose consistentemente por debajo de 0.03 en todas las subestaciones.



Figura 52 Ortomosaicos SE IBAGUE-VIRGINIA-BETANIA
Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 5 Resultados precisiones Ortofotomosaicos

Subestación	Número de GCPs (3D)	Error Cuadrático Medio Horizontal (mean RMS error)	Ground Sample Distance (GSD) Promedio
La Virginia 500 kV	4	**0.014**	1.23 cm/píxel
Ibagué 230 kV	7	**0.030**	1.44 cm/píxel
Betania 230 kV (Vuelo 1)	4	**0.009**	1.43 cm/píxel
Betania 230 kV (Vuelo 2)	4	**0.019**	1.42 cm/píxel
	La precisión horizontal promedio de los productos fotogramétricos se encuentra en el rango **sub-centimétrico y centimétrico**, lo cual es un indicador de la alta calidad en el proceso de georreferenciación y el cumplimiento de la exigencia de precisión para cartografía de detalle en subestaciones.		

Fuente: Elaboración propia, 2025.

4.2.3. OE3: Consolidación y Clasificación Nube de Puntos Masiva

Producto Logrado: Nube de Puntos 3D Consolidada y Clasificada (Formato .LAS), insumo principal para la modelización digital.

Aporte Técnico: El masivo conjunto de datos 3D fue segregado en categorías esenciales: Clase 2 (Terreno/Ground), Clase 6 (Edificios), Clase 5 (Vegetación Alta), y puntos de Equipos Críticos. Esta clasificación rigurosa es fundamental para extraer el Modelo Digital del Terreno sin artefactos, impactando directamente la exactitud de los diseños de cimentación y drenaje.

4.2.4. OE4: Generación de Modelos Digitales del Terreno y Curvas de Nivel

Producto Logrado: Modelo Digital de Terreno (MDT) de Alta Fidelidad y Curvas de Nivel Derivadas (Formato GeoTIFF/DWG).

Aporte Técnico: El MDT generado posee una precisión vertical que permite la cuantificación de movimientos de tierra (cubicaciones) con un margen de error mínimo. Las

curvas de nivel, generadas a un intervalo de 0.20 m (o según especificación), representan con exactitud la topografía del terreno base.

4.2.5. OE 5 Y 6: Elaboración del Gemelo Digital y Planos Definitivos

Producto Logrado: Modelo 3D de Alta Fidelidad de Interferencia (Gemelo Digital) y Planos Topográficos de Construcción Finales.

Aporte Técnico: La Vectorización 3D de los elementos existentes se realizó con una tolerancia máxima de 0.01m, respecto a la Nube de Puntos. Este Modelo de Interferencia es la herramienta esencial para que la ingeniería civil y eléctrica pueda realizar el Análisis de Detección de Colisiones (Clash Detection) de los nuevos equipos, minimizando el riesgo de errores constructivos.



Figura 53 Modelos 3d SE IBAGUE-VIRGINIA-BETANIA

Fuente: Elaboración propia, 2025

4.3. REFLEXIÓN SOBRE LA UTILIDAD Y ALCANCE DE LOS RESULTADOS

La pasantía confirmó el rol esencial del Ingeniero Topográfico en proyectos de infraestructura crítica, demostrando que la capacidad de gestionar, validar y transformar grandes volúmenes de datos multisensores (LiDAR, GNSS, Fotogrametría) es la clave para superar las limitaciones de productividad de la oficina y las restricciones operativas en campo. La experiencia se centró en la aplicación rigurosa de control de calidad bajo estándares nacionales e internacionales, un conocimiento que es directamente aplicable a la profesión.

Los resultados obtenidos durante la pasantía se consolidan como la Base Geométrica Certificada de un proyecto de modernización de infraestructura eléctrica nacional.

1. **Valor para la Ingeniería de Detalle:** Los productos (BGC, Ortomosaicos, MDT y Modelos 3D) son insumos directos y no requieren reprocesamiento, reduciendo la incertidumbre geométrica y permitiendo que las áreas de diseño trabajen con una precisión subcentimétrica.
2. **Aporte a la Gestión de Activos:** La generación del **Gemelo Digital** de las subestaciones en su estado *As-Built* inicial proporciona a la empresa propietaria un activo de información valioso para la gestión del ciclo de vida y el mantenimiento de la infraestructura.
3. **Refuerzo Académico:** El proyecto aplicó rigurosamente los principios de Geodesia Satelital y Fotogrametría Digital Avanzada, demostrando la capacidad de la ingeniería topográfica para la certificación de datos masivos.

Los productos topográficos finales son cruciales y serán utilizados por:

- **Ventura Ingenieros:** Para asegurar que los diseños de la nueva infraestructura eléctrica (equipos inductivos) se ajusten milimétricamente al espacio disponible, evitando costosos errores de montaje en campo.
- **Área de Construcción y Montaje:** Como guía geométrica para el replanteo y la verificación de la obra civil.
- **La Universidad y el director del Trabajo de Grado:** Como evidencia tangible del cumplimiento de los objetivos académicos y profesionales de la pasantía.

4.4. ENTREGABLES FINALES

Se entregó formalmente a Ventura Ingenieros el siguiente listado de productos técnicos, validados y certificados para las subestaciones La Virginia, Betania e Ibagué, que fueron la culminación de la pasantía:

Tabla 6 Entregables finales

No.	Entregable	Formato(s) de Entrega	Contenido y Certificación
1	Informes Técnicos Finales de Levantamiento	**PDF**	Tres documentos que certifican la metodología y el control de calidad de cada subestación.
2	Base de Datos de Puntos de Control Ajustados	**TXT** / **CSV**	Coordenadas finales (MAGNA-SIRGAS) certificadas de los vértices geodésicos utilizados.
3	Planos Topográficos Definitivos	**DWG** / **PDF**	Conjunto de planos finales listos para obra (Planta, Secciones, Perfiles y Detalles).
4	Nubes de Puntos 3D Georreferenciadas	**LAS** / **XYZ**	Datos depurados del Escaneo LiDAR 3D, ajustados y clasificados.
5	Ortofotomosaicos de Alta Resolución	**GeoTIFF**	Imágenes aéreas georreferenciadas y rectificadas métricamente.
6	Modelos Digitales de Terreno (MDT/MDS)	**GeoTIFF** / **TIN**	Modelos esenciales para el análisis de ingeniería civil y cubicaciones.
7	Modelos 3D Detallados (Infraestructura)	**DWG** / **IFC**	Modelos BIM/CAD de los elementos existentes para la detección de interferencias.
8	Archivos Crudos y de Postproceso	**Rinex** / **TXT**	Datos crudos GNSS, cálculos de ajuste de red y resultados de Nivelación.
9	Documentación de Verificación de Equipos	**PDF**	Certificados que acreditan la calibración y el estado de los equipos topográficos.

Fuente: Elaboración propia, 2025.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se logró establecer con éxito el marco de referencia geodésico y altimétrico de alta precisión para las subestaciones La Virginia, Betania e Ibagué. Mediante el procesamiento de datos GNSS y nivelación geométrica, se alcanzaron precisiones milimétricas (horizontales de hasta +/- 0.004 m y verticales de +/- 0.003 m), cumpliendo rigurosamente con la normativa IGAC y garantizando una base confiable para la ingeniería de detalle

La metodología híbrida, que combinó el escaneo LIDAR 3D con fotogrametría por drones, demostró ser altamente eficiente para la captura de datos en entornos de infraestructura crítica. La depuración y clasificación de nubes de puntos permitieron generar modelos espaciales coherentes, facilitando la identificación de activos y la eliminación de ruido en áreas de alta complejidad operativa.

La creación de Modelos Digitales del Terreno (MDT) y ortofotomosaicos con resoluciones centimétricas (GSD promedio de 1.4 cm/píxel) proporcionó insumos métricos de alta resolución indispensables para el análisis de drenajes y niveles. Estos productos aseguran que los diseños de los nuevos equipos inductivos se ajusten al espacio físico real de las subestaciones

La elaboración de modelos 3D detallados (Gemelos Digitales) permitió realizar análisis de detección de interferencias con una tolerancia máxima de 0.01 m respecto a la realidad física. Esto reduce significativamente la incertidumbre en la fase constructiva y minimiza errores de montaje en campo para la implementación del proyecto.

La pasantía reafirmó la importancia del Ingeniero Topográfico en la gestión y transformación de datos masivos para proyectos de infraestructura nacional. A pesar de no participar en la fase de captura de campo, el dominio del procesamiento de gabinete y el control de calidad bajo estándares internacionales, y el manejo de software especializados validaron las competencias adquiridas durante la formación académica.

Por último, se consolidó la información técnica en planos topográficos definitivos (planta y perfil) y un informe final detallado, los cuales actúan como el insumo base para la ingeniería de detalle. Estos productos fueron validados mediante controles de calidad que certifican el cumplimiento de los estándares de precisión exigidos por el cliente y Ventura Ingenieros. La representación gráfica a escala y la documentación técnica generada garantizan la trazabilidad de los datos, permitiendo que las fases de diseño y montaje de los equipos inductivos en las subestaciones La Virginia, Betania e Ibagué se realicen con total seguridad y fidelidad a la realidad física del terreno.

6. ANEXOS

Anexo 1. Topografía SE La Virginia

Anexo 2. Topografía SE Betania

Anexo 3. Topografía SE Ibagué

Anexo 4. Concepto evaluativo pasantía

Observaciones: Se anexan tres carpetas por cada SE trabajada, las cuales contienen la estructura de la información entregada.

- Anexo 1: Profesional Responsable
- Anexo 2: Posicionamiento GNSS
  - Datos crudos GNSS
  - Datos Rinex
  - Insumos de Procesamiento
  - Resultados
  - Nivelación Geodésica
  - Registro Fotográfico
- Anexo 3: Levantamiento Topográfico
  - 3.1 Datos crudos
  - Cálculos
  - Coordenadas finales
  - Nube LIDAR
  - Registro fotográfico
- Anexo 4: Verificación y certificación de Equipos
  - 4.1 Antenas GNSS
  - 4.2 Escáner
  - 4.3 Nivel de precisión
  - 4.4 Estación Total
- Anexo 5. Ortofotomosaico
  - 5.1 Resultados
- Anexo 6. Planos
  - DWG
  - PDF
  - CTB

7. REFERENCIAS

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2020). Resolución 471 de 2020: Por la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas para productos cartográficos en Colombia. Bogotá, Colombia.

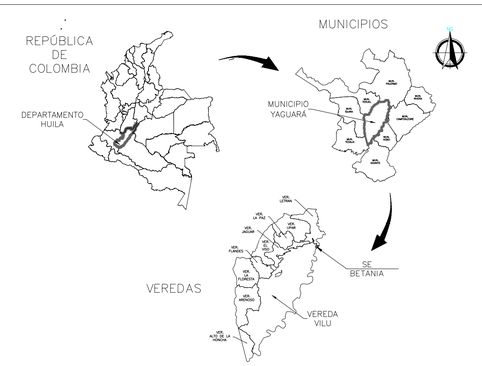
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (s.f.). Modelo de Transformación de Coordenadas MAGNA-SIRGAS PRO 5.1. Recuperado de la base de datos oficial.

- Trimble. (2025). Guía de usuario de Trimble Business Center (TBC): Procesamiento y Ajuste de Redes GNSS. [Mencionado como herramienta de procesamiento en el informe].

- Pix4D. (2025). Manual de Fotogrametría Digital y Procesamiento de Imágenes con Pix4D Mapper. [Mencionado como software utilizado para ortofotomosaicos].



LOCALIZACIÓN



NOTAS

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
2. SISTEMA DE COORDENADAS:

MAGNA COLOMBIA ORIGEN NACIONAL
EPSG: 9377
ELIPSOIDE: GRS 80
PROYECCIÓN : TRANSVERSAL DE MERCATOR
FALSO ESTE: 5 000 000.0 FALSO NORTE: 2 000 000.0
MERIDIANO CENTRAL: −73° 00' 00"
LATITUD DE ORIGEN: 4° 00' 00"
FACTOR DE ESCALA: 0.9992

3. EL CUADRO DE COORDENADAS DE LOS VÉRTICES DE AMARRE ES EL SIGUIENTE:

COORDENADAS PUNTOS DE AMARRE MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL ÉPOCA 2018			
PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
GPS 01	1857483.842	4729595.730	515.200
GPS 02	1857616.041	4729611.928	515.150
GPS 03	1857604.205	4729681.396	515.071

4. DOCUMENTO DE REFERENCIA: "CO−REIN−23041−S−03−D1006".
5. CURVAS DE NIVEL CADA 0.10 m.

CONVENCIONES

- BORDILLO
- BORDE VÍA
- CUNETA DE AGUAS LLUVIAS
- CONEXIONES
- RIELES
- CURVA ÍNDICE (1048)
- CURVA INTERMEDIA
- EQUIPO
- CÁRCAMO
- MURO CORTAFUEGO
- LUMINARIA
- SUMIDERO
- VIGA PORTICO
- COLUMNA PORTICO
- CADENA DE AISLADORES
- MOJON GPS
- CAJA DRENAJE
- CAJA ELÉCTRICA
- CAJA EN CONCRETO
- CONTRUCCIONES/PARAMENTO
- PEDESTAL
- ZONA DURA/ANDÉN
- ZONA DE ACOPIO

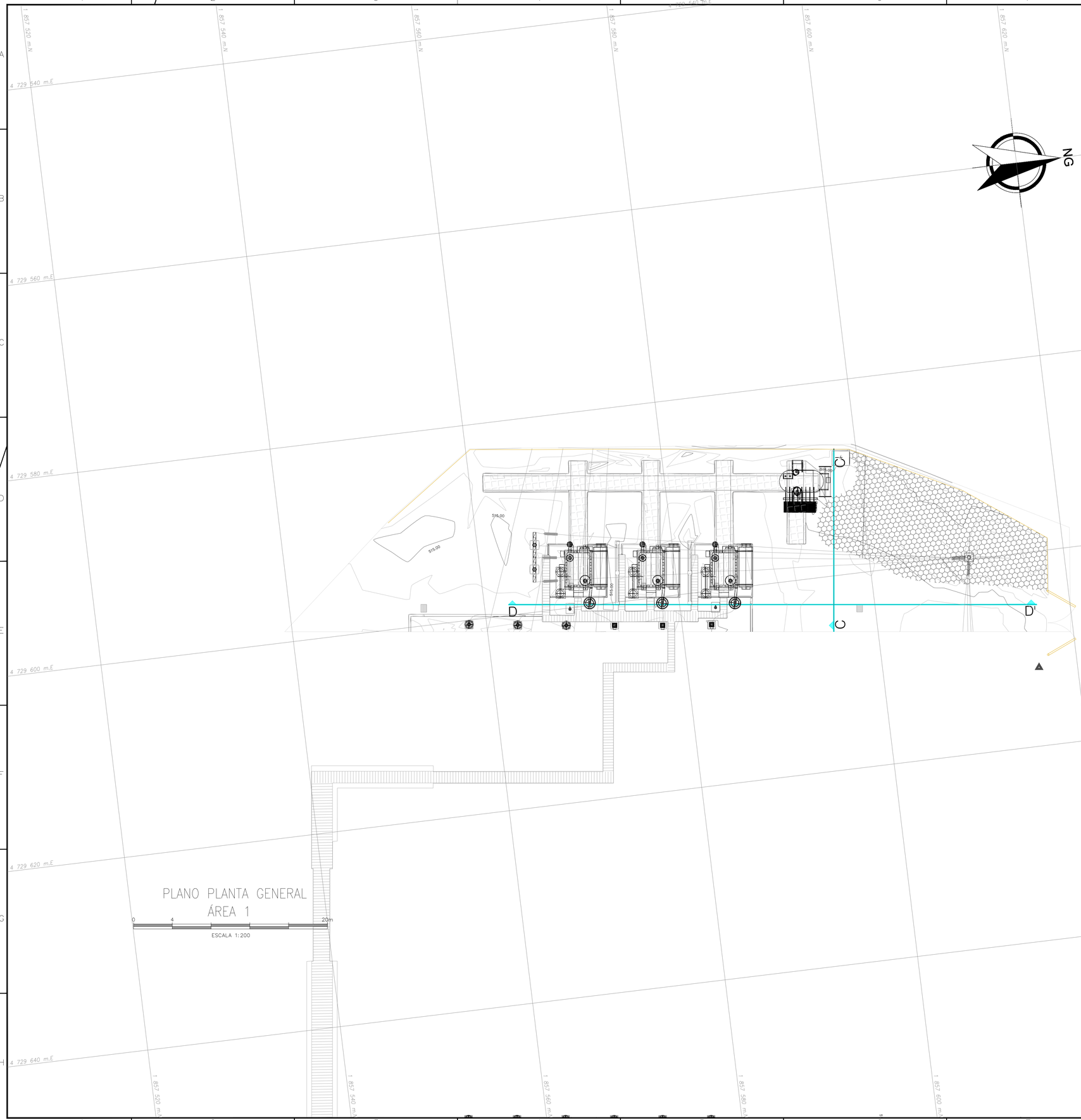
1	21/08/25	EMISIÓN INICIAL	E.V.C			
REV.	FECHA	MODIFICACIÓN	APROBÓ			

ARCHIVO: CO-REIN-23041-S-03-K1002

isa INTERCOLOMBIA	PLANO No: CO−REIN−23041−S−03−K1002	REV: 1	HOJA: 1 CONTINUA: 2
DISEÑO ieb	INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA RENOVACIÓN DE EQUIPOS INDUCTIVOS EN LA SUBESTACIÓN BETANIA 230 kV		
TITULO: SUBESTACIÓN BETANIA 230 kV LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO			

ESCALA: 1:250	DIMENSIONES: m.	ASPECTO TÉCNICO: OBRAS CIVILES	
FECHA: 21/08/25	DIBUJÓ IEB: J.F.P.	FASE: INGENIERÍA DE DETALLE	
DISEÑÓ IEB: M.A.A.	APROBÓ IEB: E.V.C	CÓDIGO: CO−REIN−23041−S−03−K1002	REV: 1 / HOJA: 1
	CONTRATO: CO46−25		DE: 5

(A1) (841 x 594 mm)
L 80 R 000



LOCALIZACIÓN



NOTAS

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
2. SISTEMA DE COORDENADAS:

MAGNA COLOMBIA ORIGEN NACIONAL
EPSG: 9377
ELIPSOIDE: GRS 80
PROYECCIÓN : TRANSVERSAL DE MERCATOR
FALSO ESTE: 5 000 000.0 FALSO NORTE: 2 000 000.0
MERIDIANO CENTRAL: −73° 00' 00"
LATITUD DE ORIGEN: 4° 00' 00"
FACTOR DE ESCALA: 0.9992

3. EL CUADRO DE COORDENADAS DE LOS VÉRTICES DE AMARRE ES EL SIGUIENTE:

COORDENADAS PUNTOS DE AMARRE MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL ÉPOCA 2018			
PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
GPS_01	1857483.842	4729595.730	515.200
GPS_02	1857616.041	4729611.928	515.150
GPS_03	1857604.205	4729681.396	515.071

4. DOCUMENTO DE REFERENCIA: "CO−REIN−23041−S−03−D1006".
5. CURVAS DE NIVEL CADA 0.10 m.

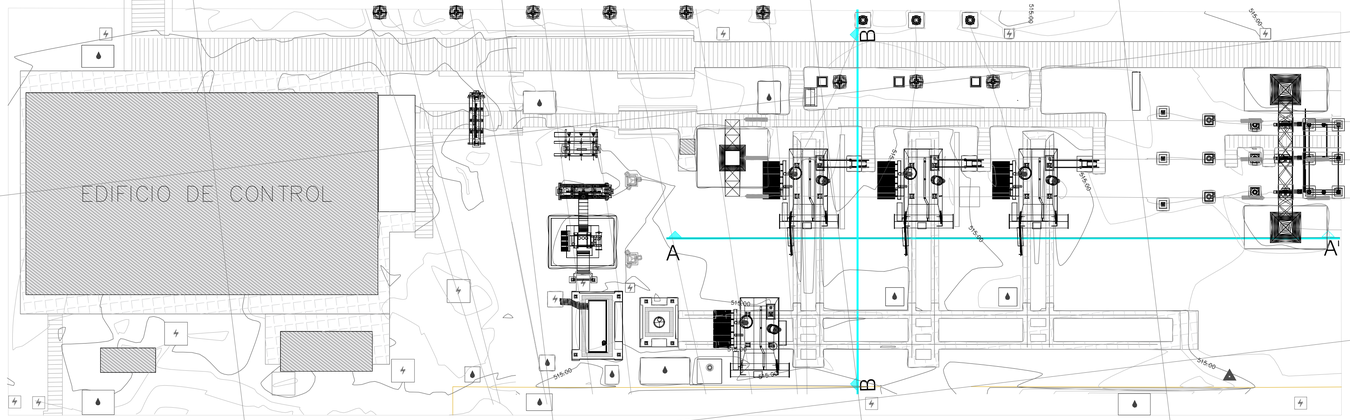
CONVENCIONES

- BORDILLO
- BORDE VÍA
- CUNETA DE AGUAS LLUVIAS
- CONEXIONES
- RIELES
- CURVA ÍNDICE (1048)
- CURVA INTERMEDIA
- EQUIPO
- CÁRCAMO
- MURO CORTAFUEGO
- LUMINARIA
- SUMIDERO
- VIGA PORTICO
- COLUMNA PORTICO
- CADENA DE AISLADORES
- MOJON GPS
- CAJA DRENAJE
- CAJA ELÉCTRICA
- CAJA EN CONCRETO
- CONTRUCCIONES/PARAMENTO
- PEDESTAL
- ZONA DURA/ANDÉN
- ZONA DE ACOPIO

isa INTERCOLOMBIA				PLANO No: CO−REIN−23041−S−03−K1002	REV: 1	HOJA: 2 CONTINUA: 3
DISEÑO: i-b				INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA RENOVACIÓN DE EQUIPOS INDUCTIVOS EN LA SUBESTACIÓN BETANIA 230 kV		
TITULO: SUBESTACIÓN BETANIA 230 kV LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO						
#	#	#	#	ESCALA: 1:200	DIMENSIONES: m.	ASPECTO TÉCNICO: OBRAS CIVILES
#	#	#	#	FECHA: 21/08/25	DIBUJÓ IEB: J.F.P.	FASE: INGENIERÍA DE DETALLE
#	#	#	#	DISEÑÓ IEB: M.A.A.	APROBÓ IEB: E.V.C	CODIGO: CO−REIN−23041−S−03−K1002 REV: 1 HOJA: 2 DE: 5
1	21/08/25	EMISIÓN INICIAL	E.V.C		CONTRATO: CO46−25	
REV:	FECHA	MODIFICACIÓN	APROBÓ			

CO−REIN−23041−S−03−K1002

(A1) (841 × 594 mm)
L 80 R 000

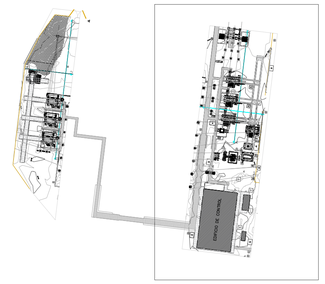


PLANO PLANTA GENERAL
ÁREA 2

0 4 20m

ESCALA 1:200

LOCALIZACIÓN



NOTAS

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
2. SISTEMA DE COORDENADAS:

MAGNA COLOMBIA ORIGEN NACIONAL
EPSG: 9377
ELIPSOIDE: GRS 80
PROYECCIÓN : TRANSVERSAL DE MERCATOR
FALSO ESTE: 5 000 000.0 FALSO NORTE: 2 000 000.0
MERIDIANO CENTRAL: −73° 00' 00"
LATITUD DE ORIGEN: 4° 00' 00"
FACTOR DE ESCALA: 0.9992

3. EL CUADRO DE COORDENADAS DE LOS VÉRTICES DE AMARRE ES EL SIGUIENTE:

COORDENADAS PUNTOS DE AMARRE MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL ÉPOCA 2018			
PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
GPS 01	1857483.842	4729595.730	515.200
GPS 02	1857616.041	4729611.928	515.150
GPS 03	1857604.205	4729681.396	515.071

4. DOCUMENTO DE REFERENCIA: "CO−REIN−23041−S−03−D1006".
5. CURVAS DE NIVEL CADA 0.10 m.

CONVENCIONES

- BORDILLO
- BORDE VÍA
- CUNETA DE AGUAS LLUVIAS
- CONEXIONES
- RIELES
- CURVA ÍNDICE (1048)
- CURVA INTERMEDIA
- EQUIPO
- CÁRCAMO
- MURO CORTAFUEGO
- LUMINARIA
- SUMIDERO
- VIGA PORTICO
- COLUMNA PORTICO
- CADENA DE AISLADORES
- MOJON GPS
- CAJA DRENAJE
- CAJA ELÉCTRICA
- CAJA EN CONCRETO
- CONTRUCCIONES/PARAMENTO
- PEDESTAL
- ZONA DURA/ANDÉN
- ZONA DE ACOPIO

isa INTERCOLOMBIA

DISEÑO i-b

PLANO No: CO−REIN−23041−S−03−K1002 | REV: 1 | HOJA: 3 | CONTINUA: 4

INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA RENOVACIÓN DE EQUIPOS INDUCTIVOS EN LA SUBESTACIÓN BETANIA 230 kV

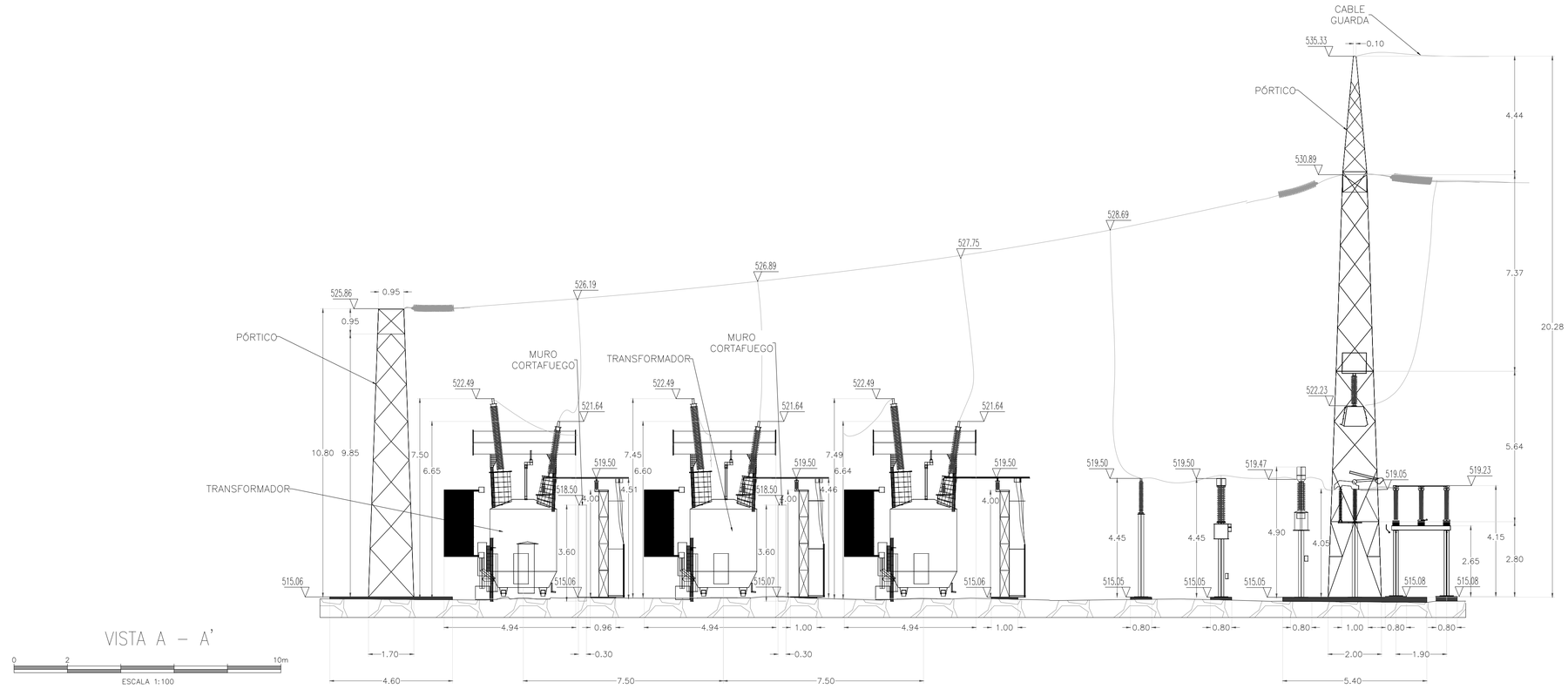
TITULO: SUBESTACIÓN BETANIA 230 kV
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

REV.	FECHA	MODIFICACIÓN	APROBÓ
#	#	#	#
#	#	#	#
#	#	#	#
#	#	#	#
1	21/08/25	EMISIÓN INICIAL	E.V.C

ESCALA: 1:200 | DIMENSIONES: m. | ASPECTO TÉCNICO: OBRAS CIVILES
FECHA: 21/08/25 | DIBUJÓ IEB: J.F.P. | FASE: INGENIERÍA DE DETALLE
DISEÑO IEB: M.A.A. | APROBÓ IEB: E.V.C | CÓDIGO: CO−REIN−23041−S−03−K1002 | REV: 1 | HOJA: 3 | DE: 5
CONTRATO: C046−25

ARCHIVO: CO−REIN−23041−S−03−K1002

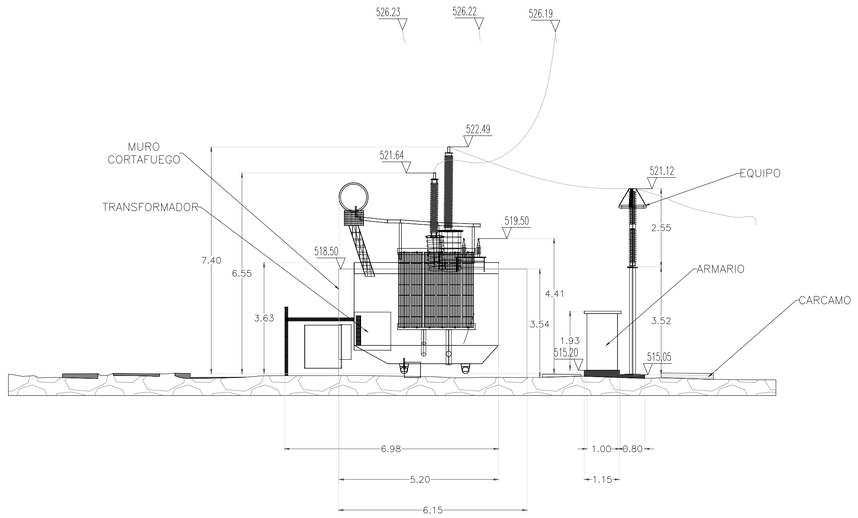
(A1) (841 x 594 mm)
L 80 R 000



VISTA A – A'

0 2 10m

ESCALA 1:100

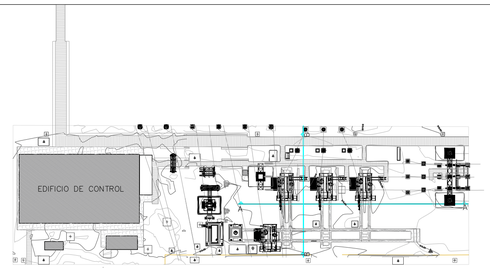


VISTA B – B'

0 2 10m

ESCALA 1:100

LOCALIZACIÓN



NOTAS

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
2. SISTEMA DE COORDENADAS:

   MAGNA COLOMBIA ORIGEN NACIONAL
   EPSG: 9377
   ELIPSOIDE: GRS 80
   PROYECCIÓN : TRANSVERSAL DE MERCATOR
   FALSO ESTE: 5 000 000.0 FALSO NORTE: 2 000 000.0
   MERIDIANO CENTRAL: –73° 00' 00"
   LATITUD DE ORIGEN: 4° 00' 00"
   FACTOR DE ESCALA: 0.9992

3. EL CUADRO DE COORDENADAS DE LOS VÉRTICES DE AMARRE ES EL SIGUIENTE:

COORDENADAS PUNTOS DE AMARRE MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL ÉPOCA 2018			
PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
GPS_01	1857483.842	4729595.730	515.200
GPS_02	1857616.041	4729611.928	515.150
GPS_03	1857604.205	4729681.396	515.071

4. DOCUMENTO DE REFERENCIA: "CO–REIN–23041–S–03–D1006".
5. CURVAS DE NIVEL CADA 0.10 m.

CONVENCIONES

- BORDILLO
- BORDE VÍA
- CUNETA DE AGUAS LLUVIAS
- CONEXIONES
- RIELES
- CURVA ÍNDICE (1048)
- CURVA INTERMEDIA
- EQUIPO
- CÁRCAMO
- MURO CORTAFUEGO
- LUMINARIA
- SUMIDERO
- VIGA PORTICO
- COLUMNA PORTICO
- CADENA DE AISLADORES
- MOJON GPS
- CAJA DRENAJE
- CAJA ELÉCTRICA
- CAJA EN CONCRETO
- CONTRUCCIONES/PARAMENTO
- PEDESTAL
- ZONA DURA/ANDÉN
- ZONA DE ACOPIO

isa INTERCOLOMBIA

DISEÑO: i-b

PLANO No: CO–REIN–23041–S–03–K1002 | REV: 1 | HOJA: 4 | CONTINUA: 5

INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA RENOVACIÓN DE EQUIPOS INDUCTIVOS EN LA SUBESTACIÓN BETANIA 230 kV

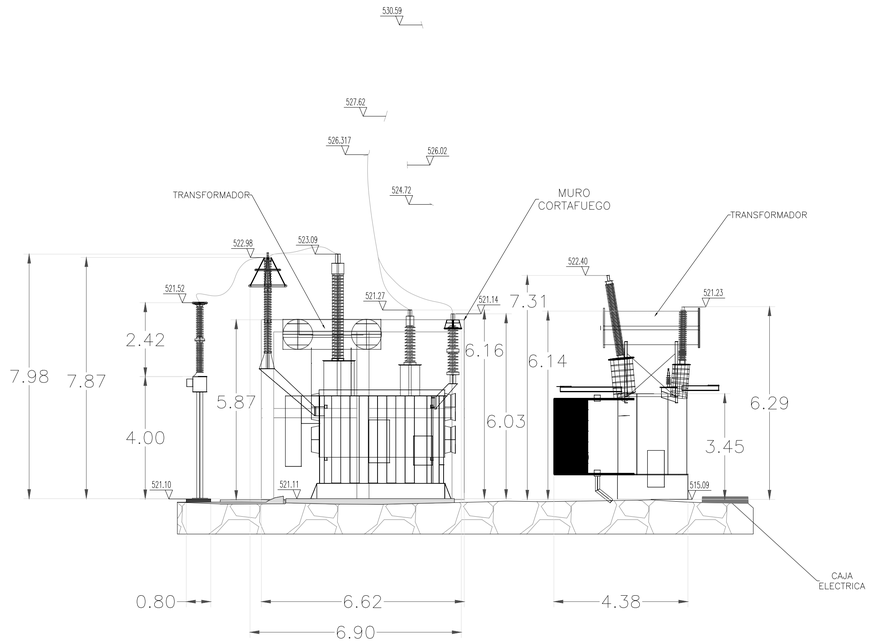
TITULO: SUBESTACIÓN BETANIA 230 kV
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

REV.	FECHA	MODIFICACIÓN	APROBÓ
#	#	#	#
#	#	#	#
#	#	#	#
#	#	#	#
#	#	#	#
1	21/08/25	EMISIÓN INICIAL	E.V.C

ESCALA: 1:100 | DIMENSIONES: m. | ASPECTO TÉCNICO: OBRAS CIVILES
FECHA: 21/08/25 | DIBUJÓ IEB: J.F.P. | FASE: INGENIERÍA DE DETALLE
DISEÑO IEB: M.A.A. | APROBO IEB: E.V.C | CODIGO: CO–REIN–23041–S–03–K1002 | REV: 1 | HOJA: 4
CONTRATO: CO46–25 | DE: 5

ARCHIVO: CO–REIN–23041–S–03–K1002

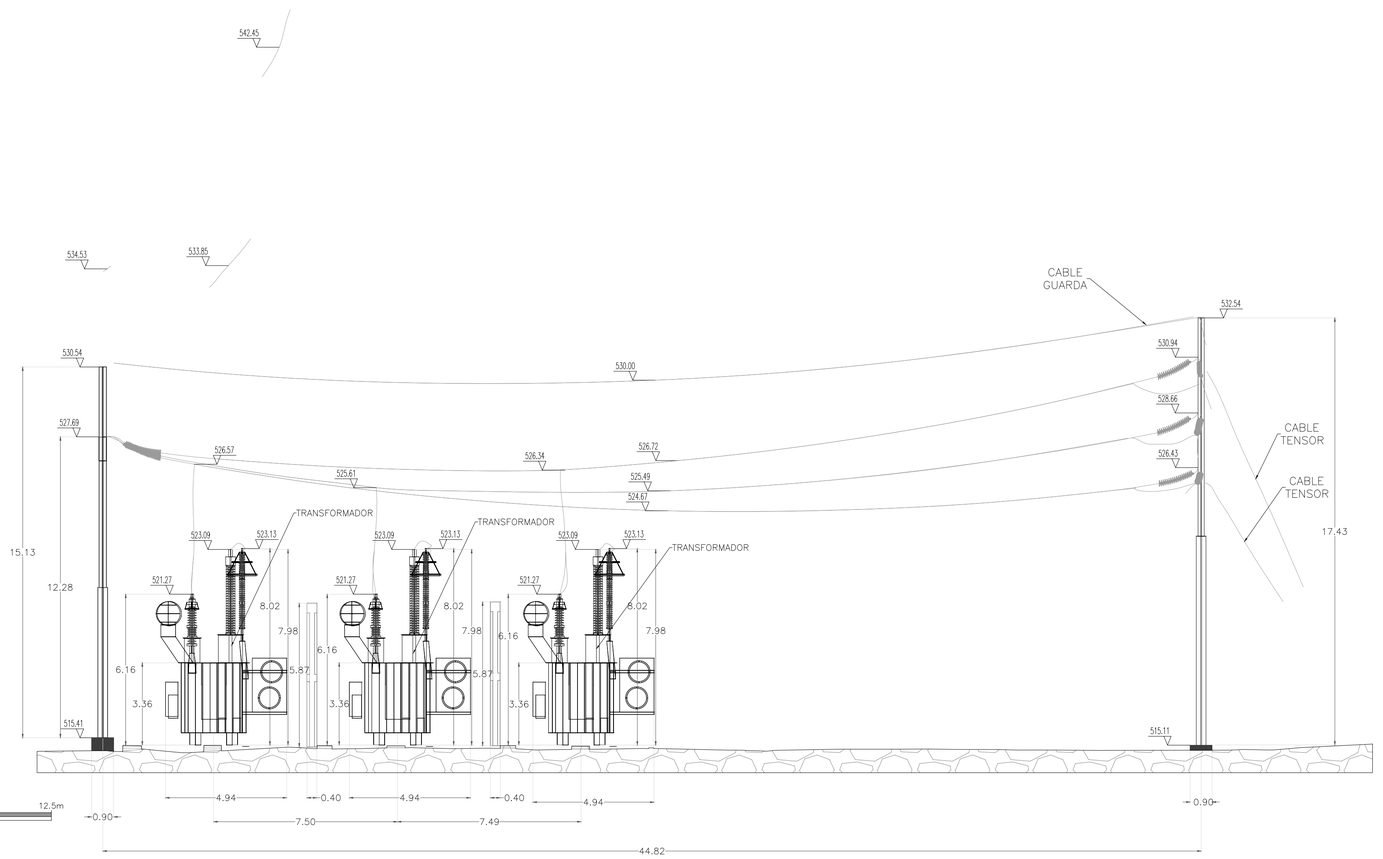
(A1) (841 x 594 mm)
L 80 R 000



VISTA C – C'

0 2 10m

ESCALA 1:100

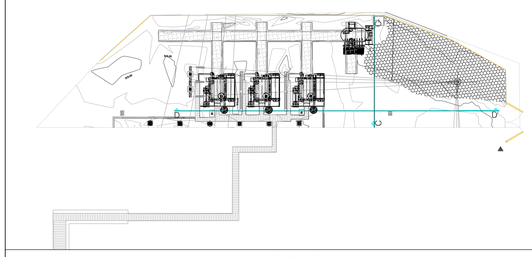


VISTA D – D'

0 2.5 12.5m

ESCALA 1:125

LOCALIZACIÓN



NOTAS

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
2. SISTEMA DE COORDENADAS:

MAGNA COLOMBIA ORIGEN NACIONAL
EPSG: 9377
ELIPSOIDE: GRS 80
PROYECCIÓN : TRANSVERSAL DE MERCATOR
FALSO ESTE: 5 000 000.0 FALSO NORTE: 2 000 000.0
MERIDIANO CENTRAL: –73° 00' 00"
LATITUD DE ORIGEN: 4° 00' 00"
FACTOR DE ESCALA: 0.9992

3. EL CUADRO DE COORDENADAS DE LOS VÉRTICES DE AMARRE ES EL SIGUIENTE:

COORDENADAS PUNTOS DE AMARRE MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL ÉPOCA 2018			
PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
GPS_01	1857483.842	4729595.730	515.200
GPS_02	1857616.041	4729611.928	515.150
GPS_03	1857604.205	4729681.396	515.071

4. DOCUMENTO DE REFERENCIA: "CO–REIN–23041–S–03–D1006".
5. CURVAS DE NIVEL CADA 0.10 m.

CONVENCIONES

- BORDILLO
- BORDE VÍA
- CUNETA DE AGUAS LLUVIAS
- CONEXIONES
- RIELES
- CURVA ÍNDICE (1048)
- CURVA INTERMEDIA
- EQUIPO
- CÁRCAMO
- MURO CORTAFUEGO
- LUMINARIA
- SUMIDERO
- VIGA PORTICO
- COLUMNA PORTICO
- CADENA DE AISLADORES
- MOJON GPS
- CAJA DRENAJE
- CAJA ELÉCTRICA
- CAJA EN CONCRETO
- CONTRUCCIONES/PARAMENTO
- PEDESTAL
- ZONA DURA/ANDÉN
- ZONA DE ACOPIO

isa INTERCOLOMBIA

DISEÑO: ieb

PLANO No: CO–REIN–23041–S–03–K1002 | REV: 1 | HOJA: 5 | CONTINUA: --

INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA RENOVACIÓN DE EQUIPOS INDUCTIVOS EN LA SUBESTACIÓN BETANIA 230 kV

TITULO: SUBESTACIÓN BETANIA 230 kV
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

REV.	FECHA	MODIFICACIÓN	APROBÓ
1	21/08/25	EMISIÓN INICIAL	E.V.C.

ESCALA: 1:100_1:125 | DIMENSIONES: m. | ASPECTO TÉCNICO: OBRAS CIVILES
FECHA: 21/08/25 | DIBUJÓ IEB: J.F.P. | FASE: INGENIERÍA DE DETALLE
DISEÑO IEB: M.A.A. | APROBÓ IEB: E.V.C
CONTRATO: CO46–25 | CÓDIGO: CO–REIN–23041–S–03–K1002 | REV: 1 | HOJA: 5 | DE: 5

ARCHIVO: CO–REIN–23041–S–03–K1002

(A1) (841 x 594 mm)
L 80 R 000

GPS 02
NORTE: 2094941.270
ESTE: 4683696.923
ELEVACIÓN: 1114.916

NG

GPS 03
NORTE: 2094890.082
ESTE: 4683765.680
ELEVACIÓN: 1120.200

GPS 01
NORTE: 2094882.217
ESTE: 4683628.583
ELEVACIÓN: 1114.957

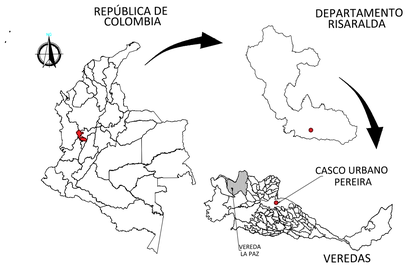


ORTOPLANO

0 10 50m

ESCALA 1:500

LOCALIZACIÓN



NOTAS

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
2. SISTEMA DE COORDENADAS:

MAGNA COLOMBIA ORIGEN NACIONAL
EPSG: 9377
ELIPSOIDE: GRS 80
PROYECCIÓN : TRANSVERSAL DE MERCATOR
FALSO ESTE: 5 000 000.0 FALSO NORTE: 2 000 000.0
MERIDIANO CENTRAL: −73° 00' 00"
LATITUD DE ORIGEN: 4° 00' 00"
FACTOR DE ESCALA: 0.9992

3. EL CUADRO DE COORDENADAS DE LOS VÉRTICES DE AMARRE ES EL SIGUIENTE:

COORDENADAS PUNTOS DE AMARRE MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL ÉPOCA 2018			
PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
GPS 01	2094882.217	4683628.583	1114.957
GPS 02	2094941.270	4683696.923	1114.916
GPS 03	2094890.082	4683765.680	1120.200

4. DOCUMENTO DE REFERENCIA: "CO−REIN−23041−S−02−D1006"
5. CURVAS CADA 0.10 m

CONVENCIONES

- BORDE VÍA
- CUNETA DE AGUAS LLUVIAS
- CONEXIONES
- CURVA ÍNDICE (1048)
- CURVA INTERMEDIA
- EQUIPO
- CÁRCAMO
- MURO CORTAFUEGO
- LUMINARIA
- SUMIDERO
- VIGA PORTICO
- COLUMNA PORTICO
- CADENA DE AISLADORES
- POZO/CÁMARA
- MOJON GPS
- CAJA DRENAJE
- CAJA ELÉCTRICA
- CAJA EN CONCRETO
- CONTRUCCIONES/PARAMENTO
- PEDESTAL
- ZONA DURA/ANDÉN

					ESCALA: 1:500	DIMENSIONES: m.	ASPECTO TÉCNICO: OBRAS CIVILES
					FECHA: 22/08/25	DIBUJÓ IEB: J.F.P.	FASE: INGENIERÍA DE DETALLE
B	07/10/25	EMITIDO CON COMENTARIOS			DISEÑÓ IEB: M.A.A.	APROBÓ IEB: L.F.O	CÓDIGO: CO−REIN−23041−S−02−K1002 / REV: A / HOJA: 1
A	22/08/25	EMISIÓN INICIAL	L.F.O		CONTRATO: C046−25		DE: 3
REV.	FECHA	MODIFICACIÓN	APROBÓ				

PLANO No: CO−REIN−23041−S−02−K1002 — REV: A — HOJA: 1 — CONTINUA: 2

DISEÑO

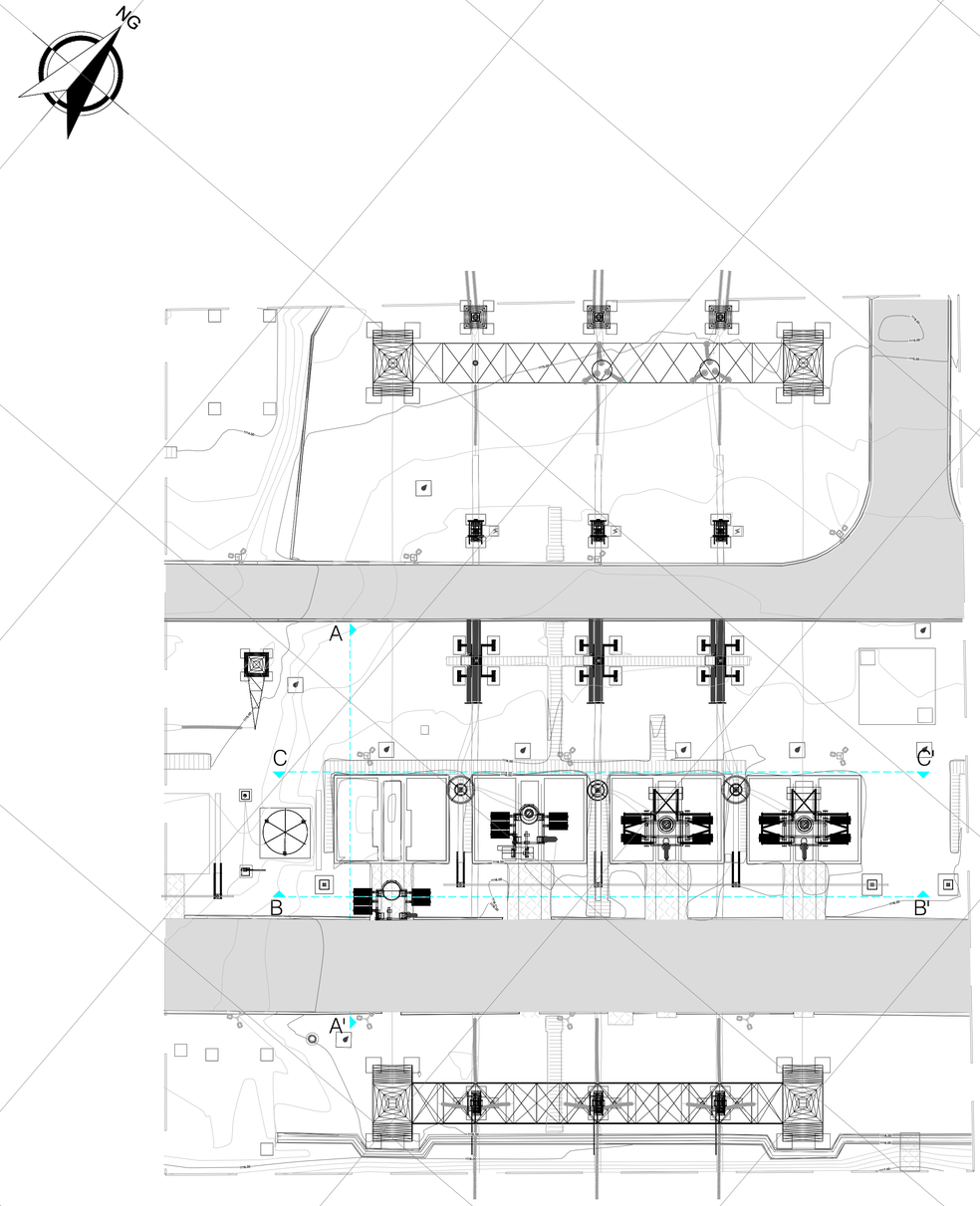
INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA RENOVACIÓN DE EQUIPOS INDUCTIVOS EN LAS SUBESTACIONES: CERROMATOSO 500kV CHINÚ 500 kV, LA VIRGINIA 500 kV, BETANIA 230 kV, IBAGUÉ 230 kV

TITULO:

SUBESTACIÓN LA VIRGINIA 500 kV
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

DISEÑO: Levantamiento topográfico SE La Virginia 500 kV

(A1) (841 x 594 mm)
L 80 R 000

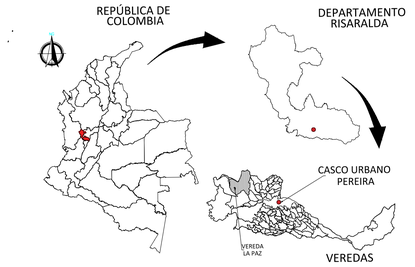


PLANTA GENERAL

0 4 20m

ESCALA 1:200

LOCALIZACIÓN



NOTAS

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
2. SISTEMA DE COORDENADAS:

MAGNA COLOMBIA ORIGEN NACIONAL
EPSG: 9377
ELIPSOIDE: GRS 80
PROYECCIÓN : TRANSVERSAL DE MERCATOR
FALSO ESTE: 5 000 000.0 FALSO NORTE: 2 000 000.0
MERIDIANO CENTRAL: −73° 00' 00"
LATITUD DE ORIGEN: 4° 00' 00"
FACTOR DE ESCALA: 0.9992

3. EL CUADRO DE COORDENADAS DE LOS VÉRTICES DE AMARRE ES EL SIGUIENTE:

COORDENADAS PUNTOS DE AMARRE MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL ÉPOCA 2018			
PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
GPS 01	2094882.217	4683628.583	1114.957
GPS 02	2094941.270	4683696.923	1114.916
GPS 03	2094890.082	4683765.680	1120.200

4. DOCUMENTO DE REFERENCIA: "CO−REIN−23041−S−02−D1006"
5. CURVAS CADA 0.10 m

CONVENCIONES

- BORDE VÍA
- CUNETA DE AGUAS LLUVIAS
- CONEXIONES
- CURVA ÍNDICE (1048)
- CURVA INTERMEDIA
- EQUIPO
- CÁRCAMO
- MURO CORTAFUEGO
- LUMINARIA
- SUMIDERO
- VIGA PORTICO
- COLUMNA PORTICO
- CADENA DE AISLADORES
- POZO/CÁMARA
- MOJON GPS
- CAJA DRENAJE
- CAJA ELÉCTRICA
- CAJA EN CONCRETO
- CONTRUCCIONES/PARAMENTO
- PEDESTAL
- ZONA DURA/ANDÉN

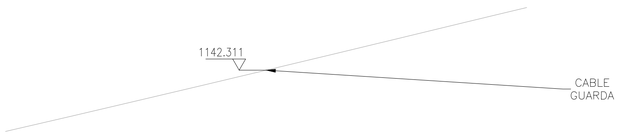
isa INTERCOLOMBIA	PLANO No: CO−REIN−23041−S−02−K1002	REV: A	HOJA: 2 CONTINUA 3
DISEÑO i-b	INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA RENOVACIÓN DE EQUIPOS INDUCTIVOS EN LAS SUBESTACIONES: CERROMATOSO 500kV CHINÚ 500 kV, LA VIRGINIA 500 kV, BETANIA 230 kV, IBAGUÉ 230 kV		
TITULO: SUBESTACIÓN LA VIRGINIA 500 kV LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO			

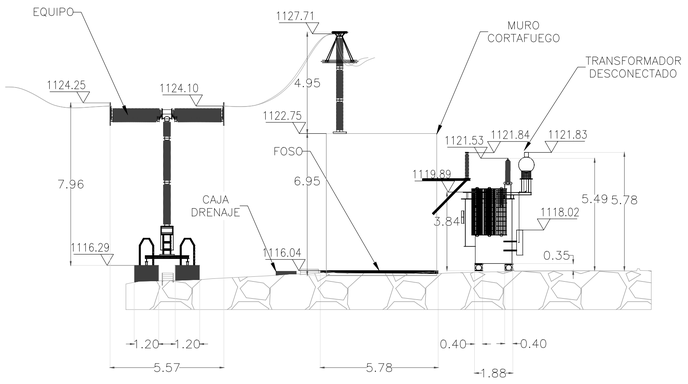
REV.	FECHA	MODIFICACIÓN	APROBÓ
B	07/10/25	EMITIDO CON COMENTARIOS	
A	22/08/25	EMISIÓN INICIAL	L.F.O

ESCALA: 1:200	DIMENSIONES: m.	ASPECTO TÉCNICO: OBRAS CÍVILES	
FECHA: 22/08/25	DIBUJÓ IEB: J.F.P.	FASE: INGENIERÍA DE DETALLE	
DISEÑÓ IEB: M.A.A.	APROBÓ IEB: L.F.O	CÓDIGO: CO−REIN−23041−S−02−K1002	REV: A HOJA: 2 DE: 3
	CONTRATO: C046−25		

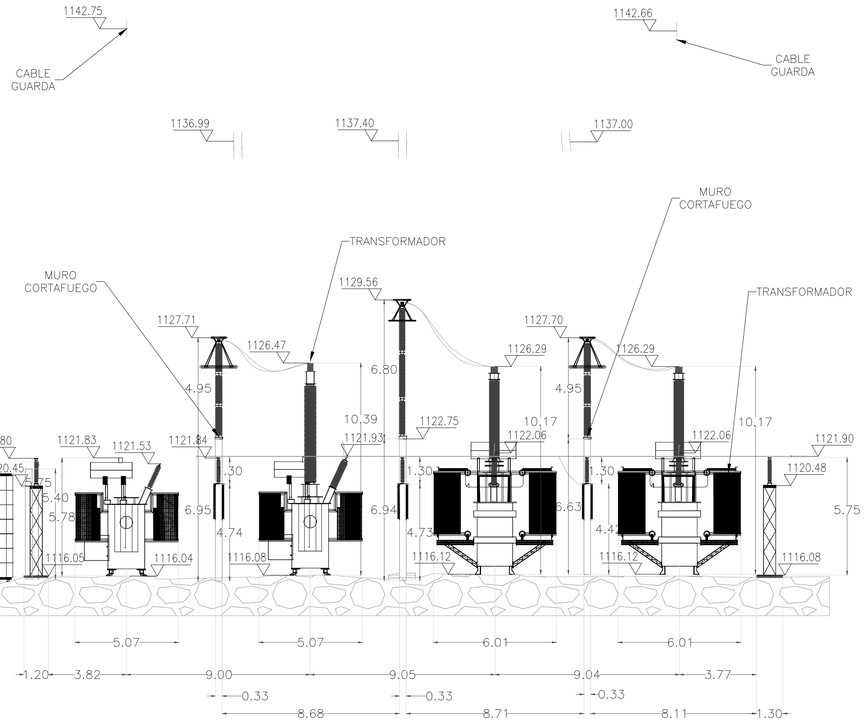
ARCHIVO: Levantamiento Topografico SE La Virginia 500 kV

(A1) (841 x 594 mm)
L 80 R 000

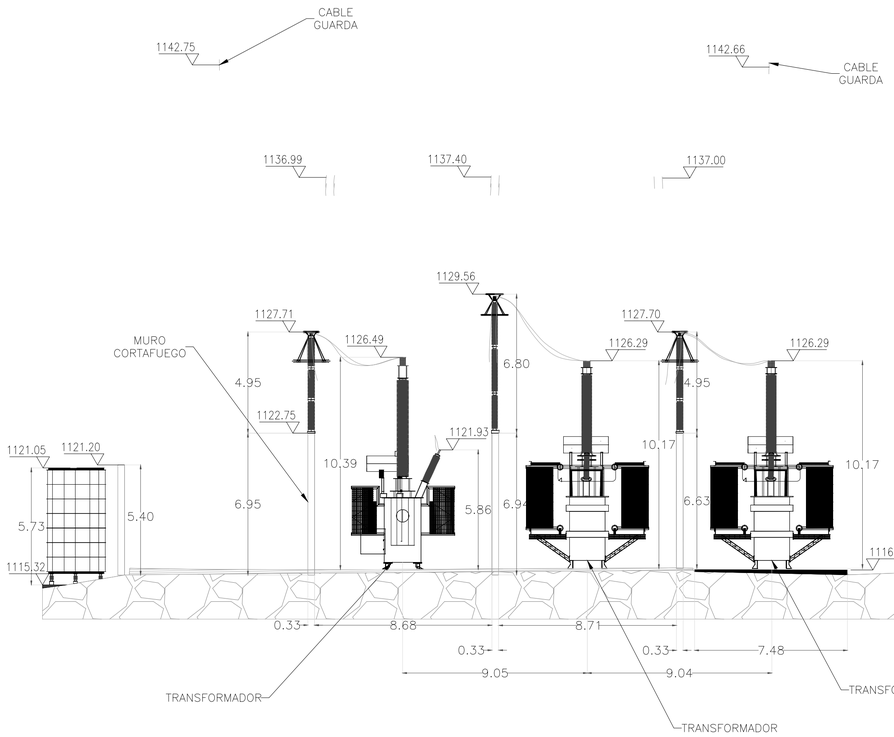




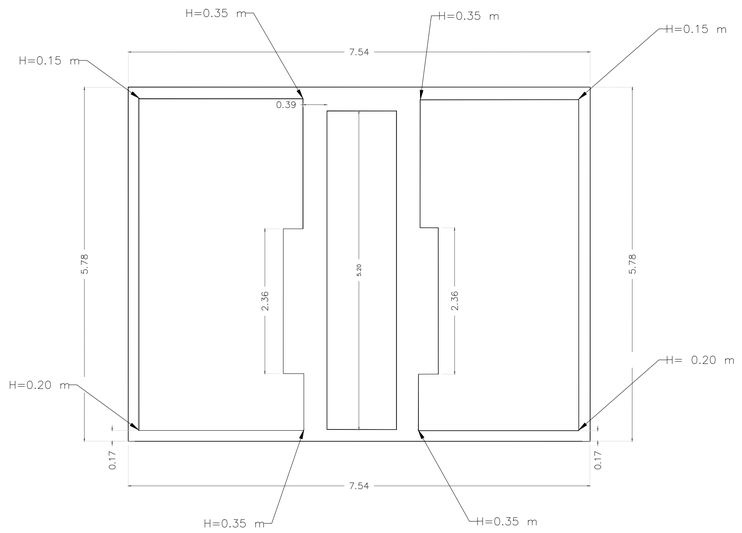
VISTA A–A'



VISTA B–B'

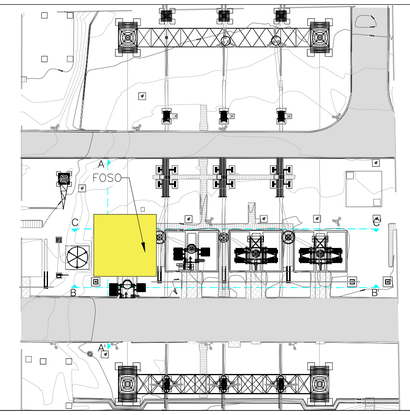


VISTA C–C'



VISTA FOSO

LOCALIZACIÓN



NOTAS

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
2. SISTEMA DE COORDENADAS:

   MAGNA COLOMBIA ORIGEN NACIONAL
   EPSG: 9377
   ELIPSOIDE: GRS 80
   PROYECCIÓN : TRANSVERSAL DE MERCATOR
   FALSO ESTE: 5 000 000.0 FALSO NORTE: 2 000 000.0
   MERIDIANO CENTRAL: −73° 00' 00"
   LATITUD DE ORIGEN: 4° 00' 00"
   FACTOR DE ESCALA: 0.9992

3. EL CUADRO DE COORDENADAS DE LOS VÉRTICES DE AMARRE ES EL SIGUIENTE:

COORDENADAS PUNTOS DE AMARRE MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL ÉPOCA 2018			
PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
GPS 01	2094882.217	4683628.583	1114.957
GPS 02	2094941.270	4683696.923	1114.916
GPS 03	2094890.082	4683765.680	1120.200

4. DOCUMENTO DE REFERENCIA: "CO−REIN−23041−S−02−D1006"

CONVENCIONES

- BORDE VÍA
- CUNETA DE AGUAS LLUVIAS
- CONEXIONES
- CURVA ÍNDICE (1048)
- CURVA INTERMEDIA
- EQUIPO
- CÁRCAMO
- MURO CORTAFUEGO
- LUMINARIA
- SUMIDERO
- VIGA PORTICO
- COLUMNA PORTICO
- CADENA DE AISLADORES
- POZO/CÁMARA
- MOJON GPS
- CAJA DRENAJE
- CAJA ELÉCTRICA
- CAJA EN CONCRETO
- CONTRUCCIONES/PARAMENTO
- PEDESTAL
- ZONA DURA/ANDÉN

ISA INTERCOLOMBIA

DISEÑO: ieb

PLANO No: CO−REIN−23041−S−02−K1002 | REV: A | HOJA: 3 | CONTINUA: 3

INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA RENOVACIÓN DE EQUIPOS INDUCTIVOS EN LAS SUBESTACIONES: CERROMATOSO 500kV CHINÚ 500 kV, LA VIRGINIA 500 kV, BETANIA 230 kV, IBAGUÉ 230 kV

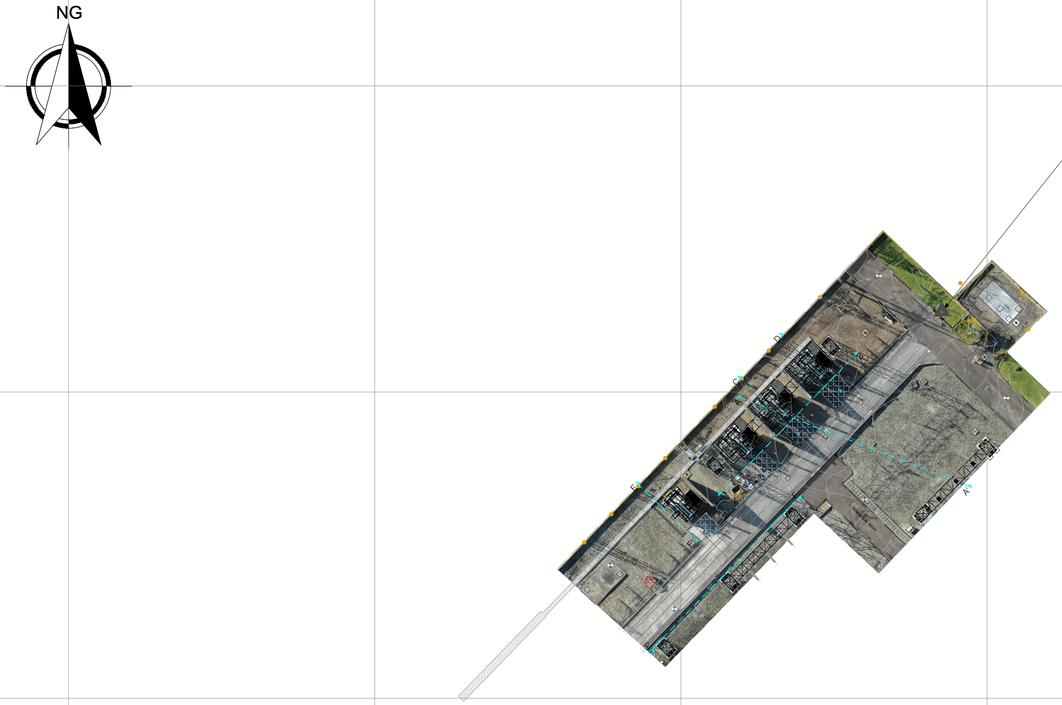
TITULO: SUBESTACIÓN LA VIRGINIA 500 kV
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

REV.	FECHA	MODIFICACIÓN	APROBÓ
B	07/10/25	EMITIDO CON COMENTARIOS	
A	22/08/25	EMISIÓN INICIAL	L.F.O

ESCALA: 1:150 | DIMENSIONES: m. | ASPECTO TÉCNICO: OBRAS CIVILES
FECHA: 22/08/2025 | DIBUJÓ IEB: J.F.P. | FASE: INGENIERÍA DE DETALLE
DISEÑO IEB: M.A.A. | APROBO IEB: L.F.O | CÓDIGO: CO−REIN−23041−S−02−K1002 | REV: A | HOJA: 3
CONTRATO: C046−25 | DE: 3

ARCHIVO: Levantamiento Topográfico SE La Virginia 500 kV

(A1) (841 x 594 mm)
L 80 R 000

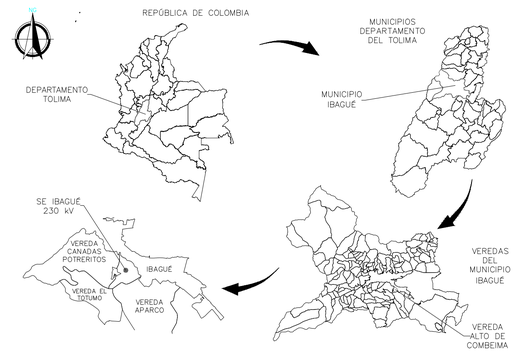


ORTOPLANO

0 10 50m

ESCALA 1:500

LOCALIZACIÓN



NOTAS

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
2. SISTEMA DE COORDENADAS:

MAGNA COLOMBIA ORIGEN NACIONAL
EPSG: 9377
ELIPSOIDE: GRS 80
PROYECCIÓN : TRANSVERSAL DE MERCATOR
FALSO ESTE: 5 000 000.0 FALSO NORTE: 2 000 000.0
MERIDIANO CENTRAL: −73° 00' 00"
LATITUD DE ORIGEN: 4° 00' 00"
FACTOR DE ESCALA: 0.9992

3. EL CUADRO DE COORDENADAS DE LOS VÉRTICES DE AMARRE ES EL SIGUIENTE:

COORDENADAS PUNTOS DE AMARRE MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL ÉPOCA 2018			
PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
GPS_01	2045013.142	4758942.633	1013.652
GPS_02	2044910.811	4758868.543	1012.900
GPS_03	2044958.818	4758999.125	1013.652

4. DOCUMENTO DE REFERENCIA: "Memoria – Levantamiento Topográfico–INFORME".
5. CURVAS DE NIVEL CADA 0.20 m.

CONVENCIONES

- BORDILLO
- BORDE VÍA
- CUNETA DE AGUAS LLUVIAS
- CONEXIONES
- RIELES
- CURVA ÍNDICE (1048)
- CURVA INTERMEDIA
- EQUIPO
- CÁRCAMO
- MURO CORTAFUEGO
- LUMINARIA
- SUMIDERO
- MOJON GPS
- CAJA DRENAJE
- CAJA ELÉCTRICA
- CAJA EN CONCRETO
- CONTRUCCIONES/PARAMENTO
- PEDESTAL
- ZONA DURA/ANDÉN
- VIGA PORTICO
- COLUMNA PORTICO
- CADENA DE AISLADORES

isa INTERCOLOMBIA

DISEÑO: ieb

PLANO No: CO−REIN−23041−S−05−K1002 | REV: 1 | HOJA: 1 | CONTINUA: 2

INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA RENOVACIÓN DE EQUIPOS INDUCTIVOS EN LAS SUBESTACIONES: CERROMATOSO 500kV CHINÚ 500 kV, LA VIRGINIA 500 kV, BETANIA 230 kV, IBAGUÉ 230 kV

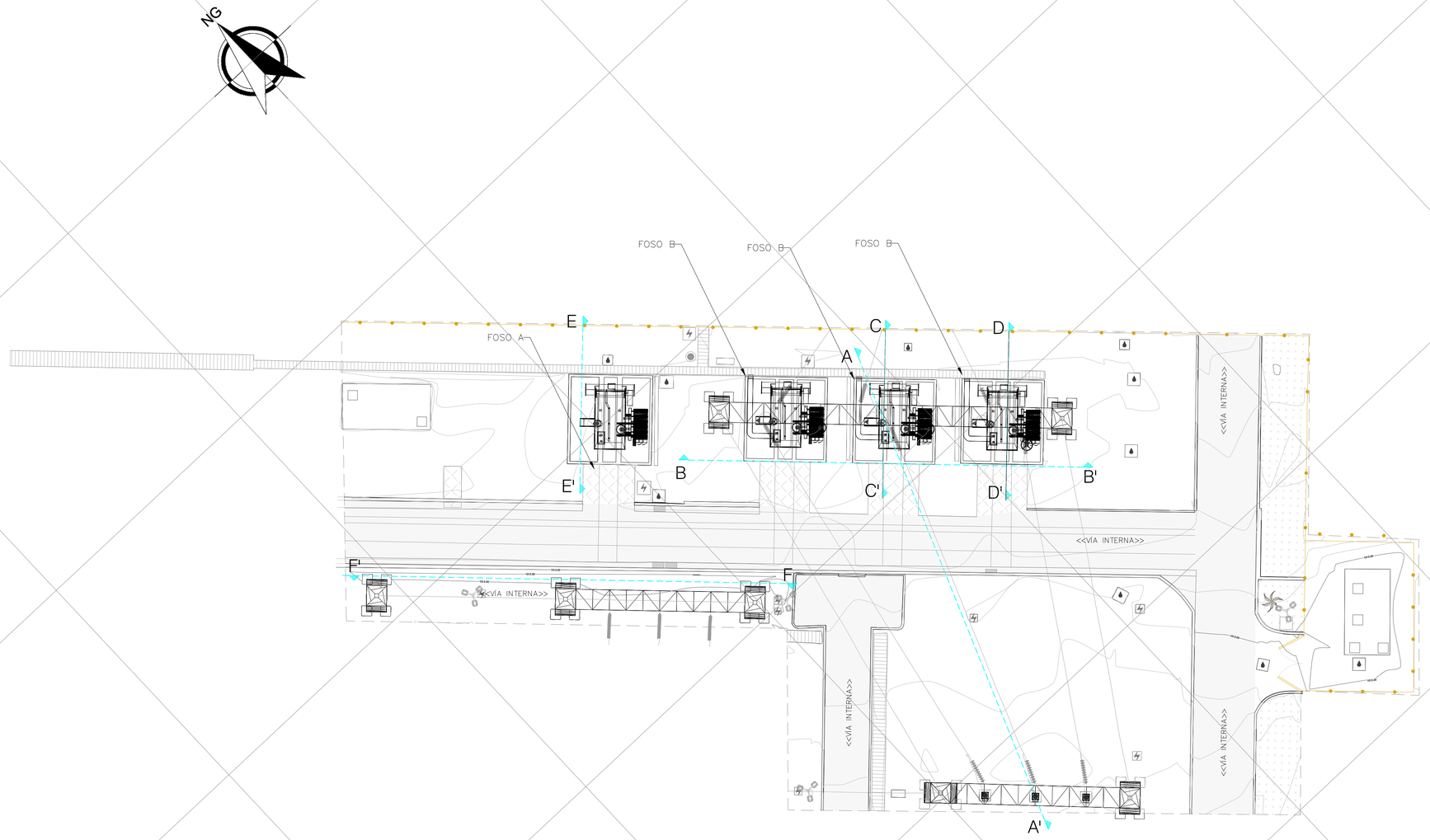
TITULO: SUBESTACIÓN IBAGUÉ 230 kV
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

REV.	FECHA	MODIFICACIÓN	APROBÓ
#	#	#	#
#	#	#	#
#	#	#	#
#	#	#	#
1	25/07/25	EMISIÓN INICIAL	E.V.C.

ESCALA: 1:500 | DIMENSIONES: m. | ASPECTO TÉCNICO: OBRAS CIVILES
FECHA: 25/07/25 | DIBUJÓ IEB: J.F.P. | FASE: INGENIERÍA DE DETALLE
DISEÑO IEB: M.A.A. | APROBÓ IEB: E.V.C | CÓDIGO: CO−REIN−23041−S−05−K1002 | REV: 1 | HOJA: 1
CONTRATO: | DE: 5

ARCHIVO: CO−REIN−23041−S−05−K1002

(A1) (841 x 594 mm)
L 80 R 000

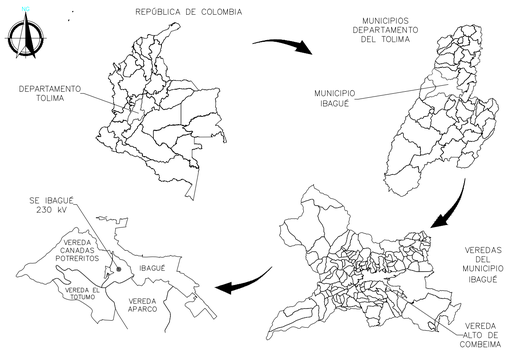


PLANO PLANTA GENERAL

0 4 20m

ESCALA 1:200

LOCALIZACIÓN



NOTAS

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
2. SISTEMA DE COORDENADAS:

MAGNA COLOMBIA ORIGEN NACIONAL
EPSG: 9377
ELIPSOIDE: GRS 80
PROYECCIÓN : TRANSVERSAL DE MERCATOR
FALSO ESTE: 5 000 000.0 FALSO NORTE: 2 000 000.0
MERIDIANO CENTRAL: −73° 00' 00"
LATITUD DE ORIGEN: 4° 00' 00"
FACTOR DE ESCALA: 0.9992

3. EL CUADRO DE COORDENADAS DE LOS VÉRTICES DE AMARRE ES EL SIGUIENTE:

COORDENADAS PUNTOS DE AMARRE MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL ÉPOCA 2018			
PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
GPS_01	2045013.142	4758942.633	1013.652
GPS_02	2044910.811	4758868.543	1012.900
GPS_03	2044958.818	4758999.125	1013.652

4. DOCUMENTO DE REFERENCIA: "Memoria – Levantamiento Topográfico–INFORME".
5. CURVAS DE NIVEL CADA 0.20 m.

CONVENCIONES

- BORDILLO
- BORDE VÍA
- CUNETA DE AGUAS LLUVIAS
- CONEXIONES
- RIELES
- 1048 CURVA ÍNDICE
- CURVA INTERMEDIA
- EQUIPO
- CÁRCAMO
- MURO CORTAFUEGO
- LUMINARIA
- SUMIDERO
- MOJON GPS
- CAJA DRENAJE
- CAJA ELÉCTRICA
- CAJA EN CONCRETO
- CONTRUCCIONES/PARAMENTO
- PEDESTAL
- ZONA DURA/ANDÉN
- VIGA PORTICO
- COLUMNA PORTICO
- CADENA DE AISLADORES

isa INTERCOLOMBIA

DISEÑO i-b

PLANO No: CO-REIN-23041-S-05-K1002 | REV: 1 | HOJA: 2 | CONTINUA: 3

INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA RENOVACIÓN DE EQUIPOS INDUCTIVOS EN LAS SUBESTACIONES: CERROMATOSO 500kV CHINÚ 500 kV, LA VIRGINIA 500 kV, BETANIA 230 kV, IBAGUÉ 230 kV

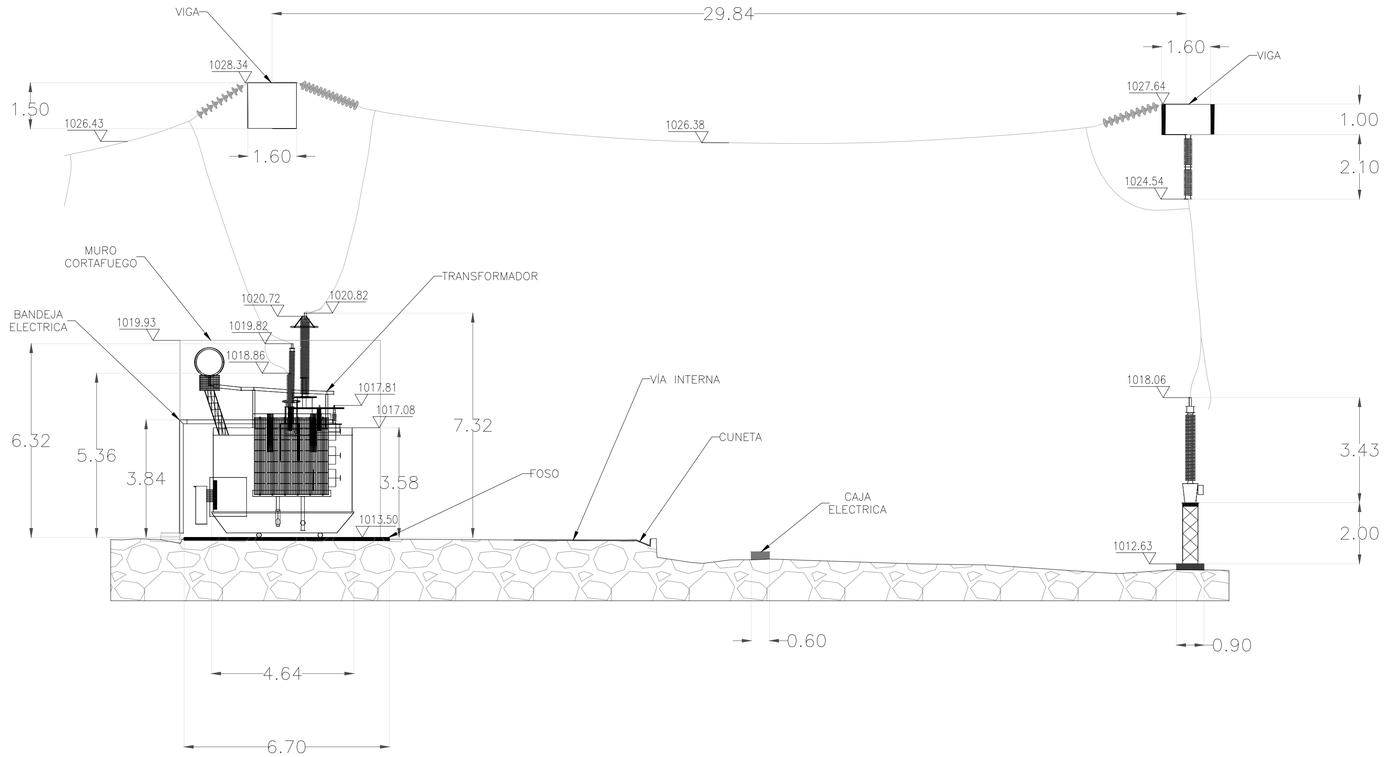
TÍTULO: SUBESTACIÓN IBAGUÉ 230 kV
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

REV.	FECHA	MODIFICACIÓN	APROBÓ
#	#	#	#
#	#	#	#
#	#	#	#
#	#	#	#
1	25/07/25	EMISIÓN INICIAL	E.V.C

ESCALA: 1:200 | DIMENSIONES: m. | ASPECTO TÉCNICO: OBRAS CIVILES
FECHA: 25/07/25 | DIBUJÓ IEB: J.F.P. | FASE: INGENIERÍA DE DETALLE
DISEÑÓ IEB: M.A.A. | APROBÓ IEB: E.V.C
CONTRATO: | CÓDIGO: CO-REIN-23041-S-05-K1002 | REV: 1 | HOJA: 2 DE: 5

ARCHIVO: CO-REIN-23041-S-05-K1002

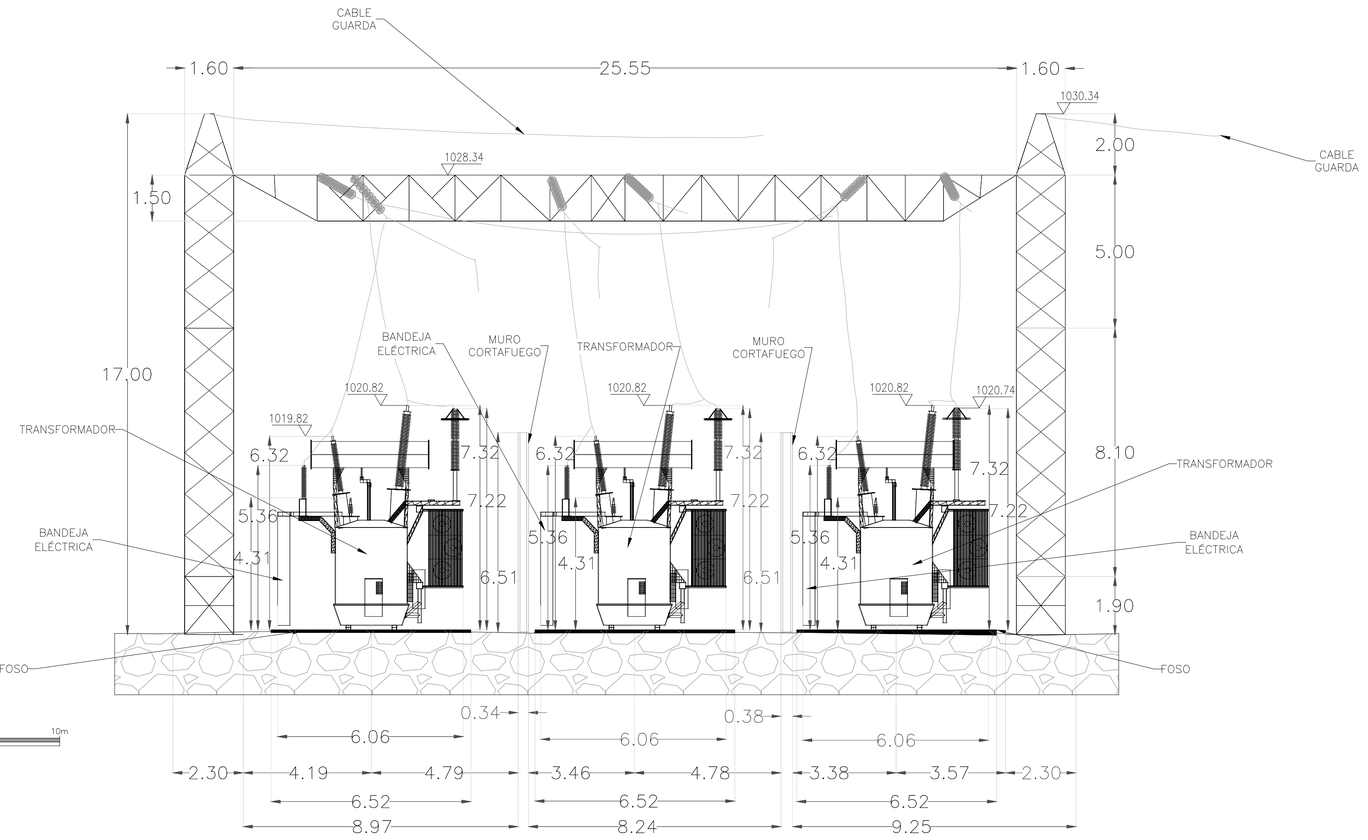
(A1) (841 x 594 mm)
L 80 R 000



VISTA A – A'

0 2 10m

ESCALA 1:100

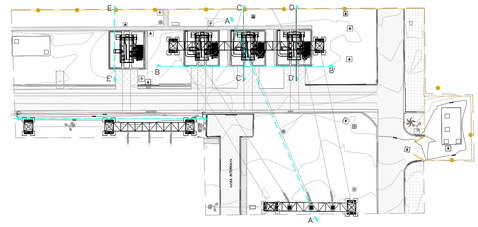


VISTA B–B'

0 2 10m

ESCALA 1:100

LOCALIZACIÓN



NOTAS

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
2. SISTEMA DE COORDENADAS:

MAGNA COLOMBIA ORIGEN NACIONAL
EPSG: 9377
ELIPSOIDE: GRS 80
PROYECCIÓN : TRANSVERSAL DE MERCATOR
FALSO ESTE: 5 000 000.0 FALSO NORTE: 2 000 000.0
MERIDIANO CENTRAL: –73° 00' 00"
LATITUD DE ORIGEN: 4° 00' 00"
FACTOR DE ESCALA: 0.9992

3. EL CUADRO DE COORDENADAS DE LOS VÉRTICES DE AMARRE ES EL SIGUIENTE:

COORDENADAS PUNTOS DE AMARRE MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL ÉPOCA 2018			
PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
GPS_01	2045013.142	4758942.633	1013.652
GPS_02	2044910.811	4758868.543	1012.900
GPS_03	2044958.818	4758999.125	1013.652

4. DOCUMENTO DE REFERENCIA: "Memoria – Levantamiento Topográfico–INFORME".
5. CURVAS DE NIVEL CADA 0.20 m.

CONVENCIONES

- BORDILLO
- BORDE VÍA
- CUNETA DE AGUAS LLUVIAS
- CONEXIONES
- RIELES
- CURVA ÍNDICE (1048)
- CURVA INTERMEDIA
- EQUIPO
- CÁRCAMO
- MURO CORTAFUEGO
- LUMINARIA
- SUMIDERO
- MOJON GPS
- CAJA DRENAJE
- CAJA ELÉCTRICA
- CAJA EN CONCRETO
- CONTRUCCIONES/PARAMENTO
- PEDESTAL
- ZONA DURA/ANDÉN
- VIGA PORTICO
- COLUMNA PORTICO
- CADENA DE AISLADORES

isa INTERCOLOMBIA

DISEÑO: i-b

PLANO No: CO–REIN–23041–S–05–K1002 | REV: 1 | HOJA: 3 | CONTINUA: 4

INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA RENOVACIÓN DE EQUIPOS INDUCTIVOS EN LAS SUBESTACIONES: CERROMATOSO 500kV CHINÚ 500 kV, LA VIRGINIA 500 kV, BETANIA 230 kV, IBAGUÉ 230 kV

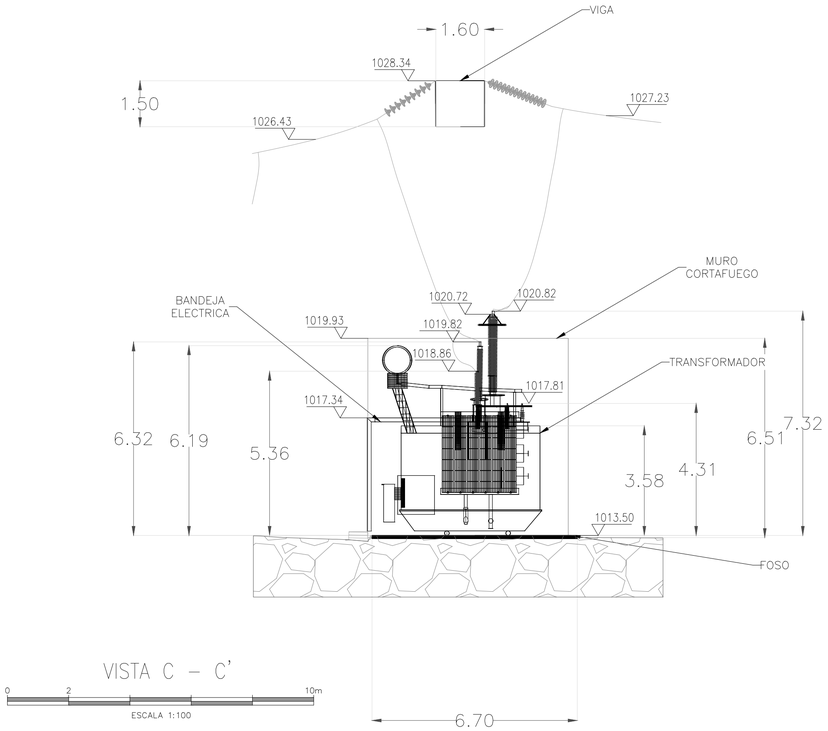
TITULO: SUBESTACIÓN IBAGUÉ 230 kV
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

REV.	FECHA	MODIFICACIÓN	APROBÓ
1	25/07/25	EMISIÓN INICIAL	E.V.C

ESCALA: 1:100 | DIMENSIONES: m. | ASPECTO TÉCNICO: OBRAS CIVILES
FECHA: 25/07/25 | DIBUJÓ IEB: J.F.P. | FASE: INGENIERÍA DE DETALLE
DISEÑO IEB: M.A.A. | APROBO IEB: E.V.C | CODIGO: CO–REIN–23041–S–05–K1002 | REV: 1 | HOJA: 3 | DE: 5
CONTRATO:

ARCHIVO: CO-REIN-23041-S-05-K1002

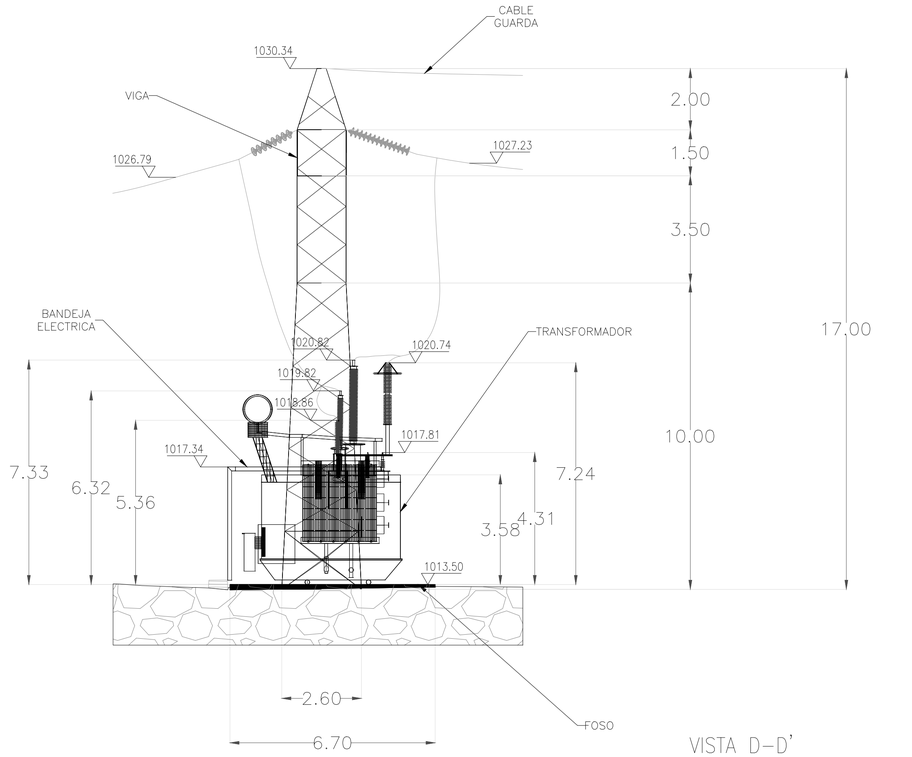
(A1) (841 x 594 mm)
L 80 R 000



VISTA C – C'

0 2 10m

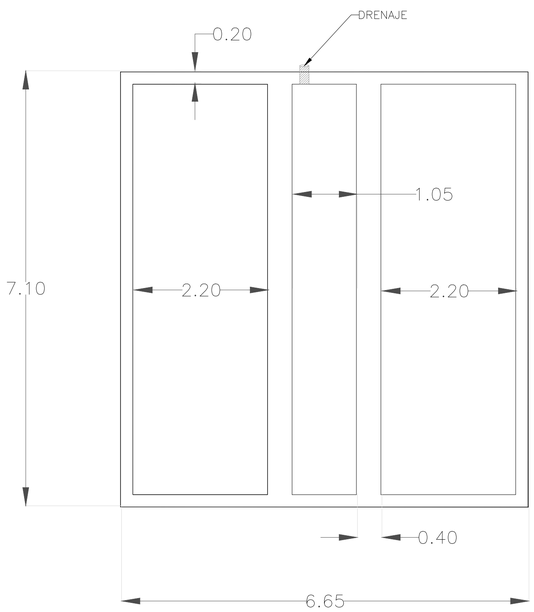
ESCALA 1:100



VISTA D–D'

0 2 10m

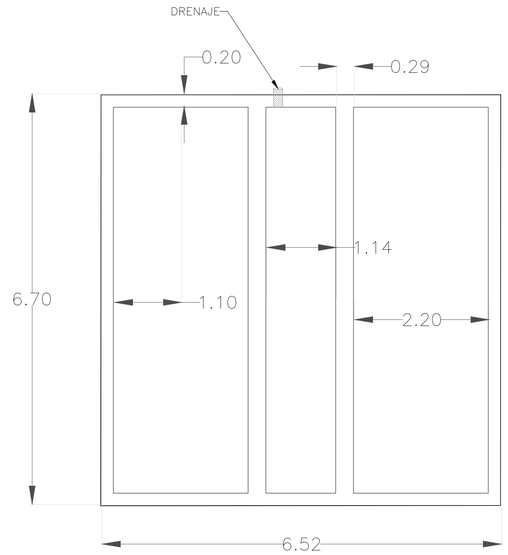
ESCALA 1:100



VISTA FOSO A

0 1 5m

ESCALA 1:50

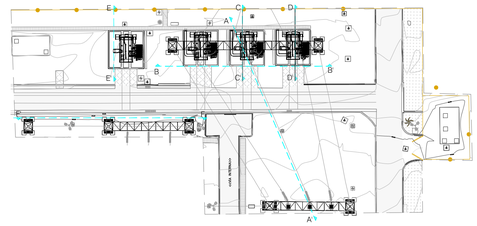


VISTA FOSO B

0 1 5m

ESCALA 1:50

LOCALIZACIÓN



NOTAS

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
2. SISTEMA DE COORDENADAS:

MAGNA COLOMBIA ORIGEN NACIONAL
EPSG: 9377
ELIPSOIDE: GRS 80
PROYECCIÓN : TRANSVERSAL DE MERCATOR
FALSO ESTE: 5 000 000.0 FALSO NORTE: 2 000 000.0
MERIDIANO CENTRAL: –73° 00' 00"
LATITUD DE ORIGEN: 4° 00' 00"
FACTOR DE ESCALA: 0.9992

3. EL CUADRO DE COORDENADAS DE LOS VÉRTICES DE AMARRE ES EL SIGUIENTE:

COORDENADAS PUNTOS DE AMARRE MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL ÉPOCA 2018			
PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
GPS_01	2045013.142	4758942.633	1013.652
GPS_02	2044910.811	4758868.543	1012.900
GPS_03	2044958.818	4758999.125	1013.652

4. DOCUMENTO DE REFERENCIA: "Memoria – Levantamiento Topográfico–INFORME".
5. CURVAS DE NIVEL CADA 0.20 m.

CONVENCIONES

- BORDILLO
- BORDE VÍA
- CUNETA DE AGUAS LLUVIAS
- CONEXIONES
- RIELES
- CURVA ÍNDICE (1048)
- CURVA INTERMEDIA
- EQUIPO
- CÁRCAMO
- MURO CORTAFUEGO
- LUMINARIA
- SUMIDERO
- MOJON GPS
- CAJA DRENAJE
- CAJA ELÉCTRICA
- CAJA EN CONCRETO
- CONTRUCCIONES/PARAMENTO
- PEDESTAL
- ZONA DURA/ANDÉN
- VIGA PORTICO
- COLUMNA PORTICO
- CADENA DE AISLADORES

ARCHIVO: CO-REIN-23041-S-05-K1002						
#	#	#	#	ESCALA:	DIMENSIONES: m.	ASPECTO TÉCNICO: OBRAS CIVILES
#	#	#	#	FECHA: 25/07/25	DIBUJÓ IEB: J.F.P.	FASE: INGENIERÍA DE DETALLE
#	#	#	#	DISEÑO IEB: M.A.A.	APROBO IEB: E.V.C	CODIGO: CO–REIN–23041–S–05–K1002
1	25/07/25	EMISIÓN INICIAL	E.V.C	CONTRATO:		REV: 1
REV.	FECHA	MODIFICACIÓN	APROBÓ			HOJA: 4 DE: 5

isa INTERCOLOMBIA

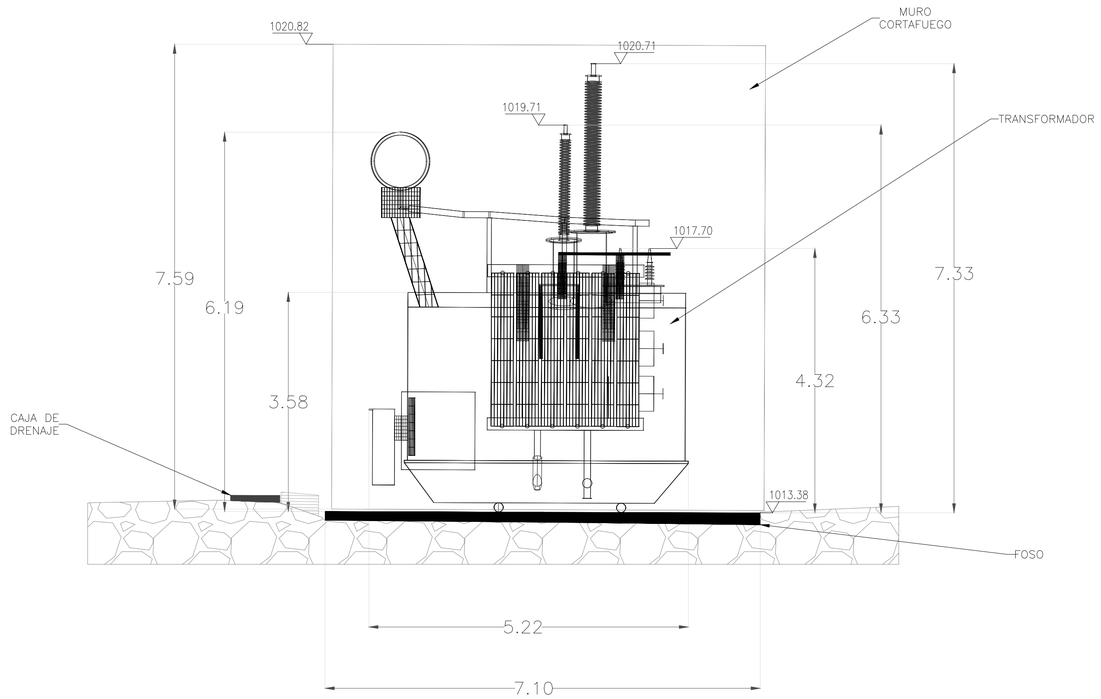
PLANO No: CO–REIN–23041–S–05–K1002 REV: 1 HOJA: 4 CONTINUA: 5

DISEÑO: i-b

INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA RENOVACIÓN DE EQUIPOS INDUCTIVOS EN LAS SUBESTACIONES: CERROMATOSO 500kV CHINÚ 500 kV, LA VIRGINIA 500 kV, BETANIA 230 kV, IBAGUÉ 230 kV

TITULO: SUBESTACIÓN IBAGUÉ 230 kV
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

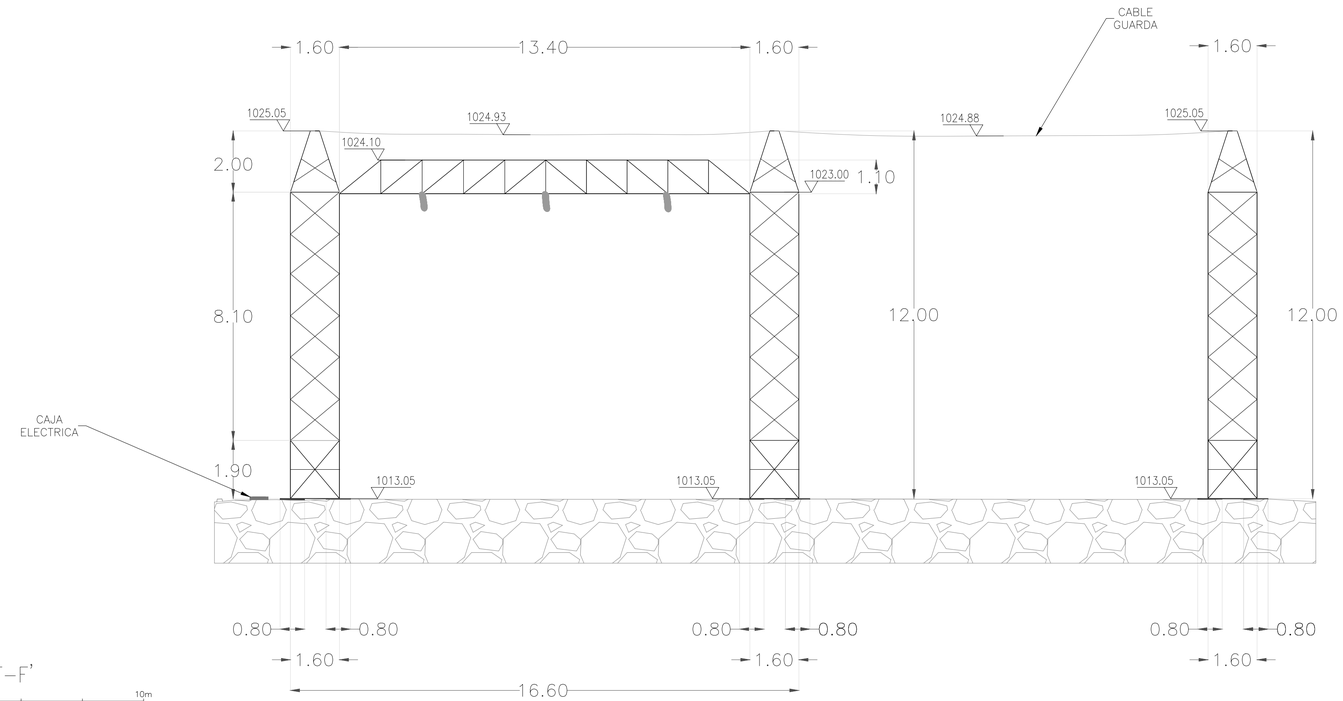
(A1) (841 x 594 mm)
L 80 R 000



VISTA E – E'

0 1 5m

ESCALA 1:50

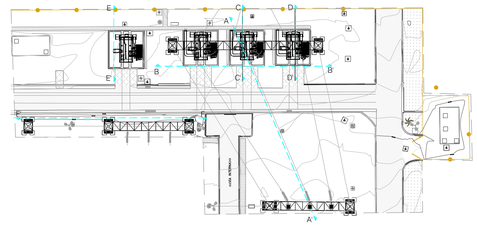


VISTA F–F'

0 2 10m

ESCALA 1:100

LOCALIZACIÓN



NOTAS

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
2. SISTEMA DE COORDENADAS:

MAGNA COLOMBIA ORIGEN NACIONAL
EPSG: 9377
ELIPSOIDE: GRS 80
PROYECCIÓN : TRANSVERSAL DE MERCATOR
FALSO ESTE: 5 000 000.0 FALSO NORTE: 2 000 000.0
MERIDIANO CENTRAL: –73° 00' 00"
LATITUD DE ORIGEN: 4° 00' 00"
FACTOR DE ESCALA: 0.9992

3. EL CUADRO DE COORDENADAS DE LOS VÉRTICES DE AMARRE ES EL SIGUIENTE:

COORDENADAS PUNTOS DE AMARRE MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL ÉPOCA 2018			
PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
GPS_01	2045013.142	4758942.633	1013.652
GPS_02	2044910.811	4758868.543	1012.900
GPS_03	2044958.818	4758999.125	1013.652

4. DOCUMENTO DE REFERENCIA: "CO-REIN-23041-S-05-D1006 - INFORME DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO".
5. CURVAS DE NIVEL CADA 0.20 m.

CONVENCIONES

- BORDILLO
- BORDE VÍA
- CUNETA DE AGUAS LLUVIAS
- CONEXIONES
- RIELES
- CURVA ÍNDICE (1048)
- CURVA INTERMEDIA
- EQUIPO
- CÁRCAMO
- MURO CORTAFUEGO
- LUMINARIA
- SUMIDERO
- MOJON GPS
- CAJA DRENAJE
- CAJA ELÉCTRICA
- CAJA EN CONCRETO
- CONTRUCCIONES/PARAMENTO
- PEDESTAL
- ZONA DURA/ANDÉN
- VIGA PORTICO
- COLUMNA PORTICO
- CADENA DE AISLADORES

ISA INTERCOLOMBIA				PLANO No: CO–REIN–23041–S–05–K1002	REV: 1	HOJA: 5 / CONTINUA: –
DISEÑO: i-b				INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA RENOVACIÓN DE EQUIPOS INDUCTIVOS EN LAS SUBESTACIONES: CERROMATOSO 500kV CHINÚ 500 kV, LA VIRGINIA 500 kV, BETANIA 230 kV, IBAGUÉ 230 kV		
TITULO: SUBESTACIÓN IBAGUÉ 230 kV LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO						
#	#	#	#	ESCALA:	DIMENSIONES: m.	ASPECTO TÉCNICO: OBRAS CIVILES
#	#	#	#			
#	#	#	#	FECHA: 25/07/25	DIBUJÓ IEB: J.F.P.	FASE: INGENIERÍA DE DETALLE
#	#	#	#			
1	25/07/25	EMISIÓN INICIAL	E.V.C.	DISEÑO IEB: M.A.A.	APROBO IEB: E.V.C	CODIGO: CO–REIN–23041–S–05–K1002 / REV: 1 / HOJA: 5
REV.	FECHA	MODIFICACIÓN	APROBÓ		CONTRATO:	DE: 5

ARCHIVO: CO-REIN-23041-S-05-K1002

(A1) (841 x 594 mm)
L 80 R 000





